

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Інститут телекомунікаційних систем**

**Кафедра Інформаційно-телекомунікаційних мереж**

«На правах рукопису»

УДК \_\_\_\_\_

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Лариса ГЛОБА

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

**Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра**

**за освітньо-професійною програмою «Інформаційно-комунікаційні технології»  
зі спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»**

**на тему: «Метод безшовного комп'ютенгу у мережах 5g»**

Виконав:

студент VI курсу, групи ТІ-391мп  
Богатирьов Нікіта Олександрович

\_\_\_\_\_

Керівник:

Професор кафедри ІТМ ІТС, д.т.н.  
Скулиш Марія Анатоліївна

\_\_\_\_\_

Рецензент:

професор кафедри ТК, д.т.н. проф  
Лисенко Олександр Іванович

=====

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

**Інститут телекомунікаційних систем  
Кафедра Інформаційно-телекомунікаційних мереж**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна програма «Інформаційно-комунікаційні технології»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Лариса ГЛОБА

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на магістерську дисертацію студенту**

**Богатирьову Нікіті Олександровичу**

1. Тема дисертації «Метод безшовного комп'ютенгу у мережах 5g», науковий керівник дисертації професор кафедри інформаційно-телекомунікаційних мереж ІТС Скулиш Марія Анатоліївна, д.т.н., затверджені наказом по університету від «04» листопада 2020 р. № 3218-с
2. Термін подання студентом дисертації 10.12.2020 р.
3. Об'єкт дослідження: безшовний комп'ютенг у мережах 5g
4. Предмет дослідження: методи безшовного комп'ютенгу
5. Перелік завдань, які потрібно розробити:
  1. Провести аналіз мережі п'ятого покоління.
  2. Визначати методи комп'ютингу.
  3. Проаналізувати різні методи комп'ютингу у мережі 5-го покоління.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу:

7. Орієнтовний перелік публікацій

9. Дата видачі завдання 01.09.2019 р.

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Підготовка і вивчення літератури.	01.09.2019-10.10.2019	виконано
2	Розробка вступу та 1 розділу.	11.12.2019-11.02.2020	виконано
3	Розробка 2 розділу.	12.02.2020-12.04.2020	виконано
4	Розробка 3 розділу.	13.04.2020-20.07.2020	виконано
5	Розробка доповіді.	21.07.2019-01.10.2020	виконано
6	Підготовка слайдів та інструкції.	01.10.2020-10.11.2020	виконано
7	Підготовка і вивчення літератури.	11.11.2020-11.12.2020	виконано
			виконано

Студент

Нікіта БОГАТИРЬОВ

Науковий керівник дисертації

Марія СКУЛИШ

## Реферат

Робота містить 54 сторінки, 16 рисунків. Було використано 17 джерел.

**Мета роботи:** розробити рекомендації стосовно методи комп'ютингу у мережі 5-го покоління.

Рухомий появою нових обчислювальних процесів додатків та бачення Інтернету речей (IoT), це так передбачалося, що мережа 5G, що розвивається, зіткнеться з безпрецедентним збільшенням обсягу трафіку та вимог до обчислень. Однак кінцеві споживачі в основному мають обмежені можливості зберігання даних обмежені можливості обробки, таким чином, як запуснути обчислювальні роботи додатки для користувачів, обмежених ресурсами, нещодавно став природне занепокоєння. Мобільні крайові обчислення (MEC), ключова технологія в мережі 5G, що розвивається, може оптимізувати мобільні ресурси за допомогою хостинг обчислювальних додатків, обробляйте великі дані раніше надсилання в хмару, забезпечують можливості хмарних обчислень в мережі радіодоступу (RAN) в безпосередній близькості від мобільних користувачів та пропонують контекстно-орієнтовані послуги за допомогою Інформація про RAN. Тому MEC забезпечує широкий спектр додатки, де відповідь у реальному часі суворо потрібна, наприклад, транспортні засоби без водія, доповнена реальність, робототехніка та занурення ЗМІ. Мережа 5G в цілому характеризується трьома послугами типи: надзвичайно висока швидкість передачі даних, масивне підключення та низька затримка та надвисока надійність. Дійсно, зміна парадигми з 4G до 5G може стати реальністю з появою нові технології. Успішна реалізація MEC в 5G мережа все ще перебуває у зародковому стані і вимагає постійних зусиль як від академічних, так і від галузевих спільнот. У цьому опитуванні спочатку ми пропонуємо цілісний огляд технології MEC та її потенційні випадки використання та програми. Потім, основна частина у цій роботі оглядаються сучасні дослідження щодо інтеграції MEC із технологіями 5G та поза ними, включаючи неортогональні багаторазовий доступ, бездротова передача енергії та збирання енергії, безпілотний літальний апарат, IoT, ущільнення мережі та машинне навчання. Крім того, ми коротко узагальнюємо існуючі література, яка поєднує MEC з іншими технологіями 5G та які зосереджені на розробці тестових стендів та експериментальних оцінок для крайових обчислень.

**Ключові слова:** Хмара, обчислення, MEC, LTE, 5G

## ABSTRACT

The work contains 54 pages, 16 figures. 17 sources were used.

**Purpose:** development of recommendations one hundred percent of the methods of computing at the 5th generation.

Driven by the emergence of new compute-intensive applications and the vision of the Internet of Things (IoT), it is foreseen that the emerging 5G network will face an unprecedented increase in traffic volume and computation demands. However, end users mostly have limited storage capacities and finite processing capabilities, thus how to run compute-intensive applications on resource-constrained users has recently become a natural concern. Mobile edge computing (MEC), a key technology in the emerging 5G network, can optimize mobile resources by hosting compute-intensive applications, process large data before sending to the cloud, provide the cloud-computing capabilities within the radio access network (RAN) in close proximity to mobile users, and offer context-aware services with the help of RAN information. Therefore, MEC enables a wide variety of applications, where the real-time response is strictly required, e.g., driverless vehicles, augmented reality, robotics, and immersive media. The 5G network is broadly characterized by three service types: extremely high data rate, massive connectivity, and low latency and ultra-high reliability. Indeed, the paradigm shift from 4G to 5G could become a reality with the advent of new technologies. The successful realization of MEC in the 5G network is still in its infancy and demands for constant efforts from both academic and industry communities. In this survey, we first provide a holistic overview of MEC technology and its potential use cases and applications. Then, the main part of this paper surveys up-to-date researches on the integration of MEC with 5G and beyond technologies including non-orthogonal multiple access, wireless power transfer and energy harvesting, unmanned aerial vehicle, IoT, network densification, and machine learning. Furthermore, we briefly summarize the existing literature that integrates MEC with other 5G technologies and that focus on developing testbeds and experimental evaluations for edge computing. We further summarize lessons learned from state-of-the-art research works as well as discuss challenges and potential future directions for MEC research

**Keywords:** Cloud, computing, MEC, LTE, 5G.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	8
РОЗДІЛ 1 .....	9
АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ 5G ТА ЇЇ СТАНДАРТИЗАЦІЯ.....	9
1.1 Загальні відомості.....	9
1.2. Стандартизація технології 5G. ....	10
1.3. Технології та архітектура наземної мережі 5G. ....	14
1.2. Технології та архітектура супутникової мережі 5G. ....	19
Висновки .....	24
РОЗДІЛ 2.....	25
Аналіз комп'ютингу та його характеристики.....	25
2.1 Концептуальна фаза технології.....	27
2.2 Семантичний комп'ютинг і семантична мережа. ....	28
2.3 Область комп'ютингу. ....	30
2.4 Подпарадигмами, що містяться в комп'ютингу.....	30
2.5 Парадигма комп'ютингу.....	32
2.6 Характеристики комп'ютингу. ....	34
2.8 Вирази в комп'ютингу .....	37
Висновки .....	38
РОЗДІЛ 3.....	39
Різниця між хмарними та крайовими обчисленнями .....	39
3.1 Хмарні обчислення .....	39
3.2 Мобільні граничні обчислення .....	40
3.3 Типи мобільних хмарних обчислень .....	42
3.4 Граничні мобільні обчислення для стільникових систем 5G .....	49
Висновки .....	52
РОЗДІЛ 4.....	53
РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ ТА БІЗНЕС – ПЛАН ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЇ.....	53
4.1 Опис ідеї проекту.....	53
4.2 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту.....	53
4.3 Розроблення ринкової стратегії проекту.....	57
4.4 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту .....	59
Висновки .....	60
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ .....	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	62

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ТФЗК	телефонний зв'язок загального користування
ФЗ	фізичне середовище
MAN	Metropolitan Area Network
LAN	Local Area Networks
NGN	Next Generation Networks
MEC	Mobile Edge Computing

## ВСТУП

**Актуальність.** У промислових системах все більше переважає програмне забезпечення. Крім того, це програмне забезпечення присутнє в декількох обчислювальних доменах, від децентралізованого краю до централізованих центрів обробки даних та хмар. Незважаючи на те, що продуктивність управління життєвим циклом додатків надзвичайно покращилася в області хмарних обчислень, не існує однорідного та бездоганного середовища для побудови, розгортання та експлуатації програмного забезпечення в цих доменах. Це призводить до поділу, неефективних процесів та дублюючих зусиль для забезпечення програмного забезпечення, яке працює на різних рівнях. Цей документ представляє концепцію безшовних обчислень, яка забезпечує безперешкодне обчислювальне середовище для багатодомених додатків, підтримуючи мобільність робочих навантажень між хмарою та краєм. Підхід заснований на перенесенні встановлених, фактично стандартних технологій хмарних обчислень, до обмежених ресурсами обчислювальних середовищ на краю. Після визначення вимог високого рівня до безшовних обчислень виводиться функціональна еталонна модель, а існуючі хмарні технології обговорюються та обираються відповідно до їх відповідних можливостей.

**Мета роботи:** проаналізувати методи комп'ютингу у мережі 5-го покоління.



## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ 5G ТА ЇЇ СТАНДАРТИЗАЦІЯ.

#### 1.1 Загальні відомості.

В 2012 році на конференції в Женеві були представлені технології четвертого покоління – LTE-A і WiMAX2 (WiMAN-Advanced, IEEE 802.16m). Дані технології дозволять здійснювати передачу даних зі швидкістю до 100 Мбіт/с – рухомим абонентам і 1 Гбіт/с – стаціонарним. В 2015 році з'являються повідомлення про розробку мереж наступного покоління – 5G.

5G (5-е покоління мобільних бездротових мереж) – це назва, що використовують в сучасних проектах для визначення наступного покоління телекомунікаційних стандартів для мобільних мереж після стандарту 4G/IMT-Advanced. За специфікаціями МСЄ даний стандарт має назву “IMT-2020”.

Провідні телекомунікацій компанії, такі як Ericsson, Huawei, Nokia пропонують на сьогоднішній день концепцію майбутніх 5G мереж. Передбачається, що 5G буде фінальним узагальненим стандартом у світі бездротових технологій.

Згідно ITU-R M(IMT-2020) стандарт мережевої технології 5G повинен відповідати вимогам представленим на Рис. 1.1. Очікується, що в 5G не буде витрачатись час на переривання при перемиканні між приймачами і передавачами, тобто як мінімум 100МГц доступної смуги в будь-який час, підтримка смуги 1ГГц в високих діапазонах, а також до одного мільйона одночасно підключених до мережі пристроїв. В планах 5G технологія буде конвергентною, тобто окремі компоненти мережі будуть згруповані в єдиний оптимізований обчислювальний комплекс за допомоги віртуалізації обладнання. Оператори зв'язку за допомоги серверів та DATA-центрів організовуватимуть віртуальні машини (VM) для обробки і зберігання даних, в той час як фізичне устаткування прийматиме участь в передачі трафіку. Це вирішить проблему з нагромадженням обладнання на базових станціях (БС), а також дасть змогу оператору мати доступ в будь-яку точку мережі фізично находячись в центрі експлуатації та технічного обслуговування.

Параметри	Характеристики
Пікова швидкість передачі даних	20Гбіт/с в лінії вниз 10Гбіт/с в лінії вверх
Пікова спектральна ефективність	30Біт/с/Гц в лінії вниз 15Біт/с/Гц в лінії вверх
Ширина полоси частотного каналу	До 1ГГц (в лінії вниз/вверх)
Затримка в площині керування	10 мс
Затримка в площині користувача	Режим URLLC: не більше 0,5мс для лінії вверх/вниз
	Режим eMBB: не більше 4мс для лінії вверх/вниз
Час переривання мобільності	0 мс, тобто відсутній
Надійність	99,999% для режиму URLLC
Покриття	Бюджет лінії вверх повинен співпадати з бюджетом LTE при тих же втратах
Спектральна ефективність в соті та на границі соти	В 3 рази вище LTE - Advanced
Максимальна щільність з'єднаних абонентських пристроїв (User equipment)	До 1 млн на 1 кв.км
Максимальна швидкість переміщення абонентів	500км/год

Рис. 1.1 .Характеристики 5G

## 1.2. Стандартизація технології 5G.

В процес стандартизації технології 5G залучені найбільші організації зв'язку : Міжнародний союз електрозв'язку (МСЕ), партнерський проект 3GPP, партнерський проект oneM2M, CEPT, а також ETSI. В секторі радіозв'язку МСЕ-Р і секторі стандартизації МСЕ-Е, створені: робоча група WP5D "ІМТ-системи" в Дослідницької комісії ДК5 "Наземні служби" та оперативна група (ОГ) "ІМТ-2020 Майбутня мережа, включаючи хмарні обчислення, мережі рухомого зв'язку та мережі наступних поколінь" в ДК13.

Оперативна група з мережних аспектів ІМТ-2020 в ДК13 Сектора стандартизації МСЕ-Т була створена в травні 2015 року для аналізу принципів взаємодії

технологій 5G в майбутніх мережах в якості попереднього дослідження інновацій в області організації мереж, необхідних для забезпечення розвитку систем 5G. Провівши дослідження розвитку 5G, IMT-2020 прийняла концепцію екосистеми 5G та опублікувала результати аналізу розвитку мереж 5G в звіті ДК13 MCE-T[6].

В кінці 2016 року ОГ IMT-2020 MCE-T представила дев'ять проектів рекомендацій та технічних звітів по мережам IMT-2020 [2-10], які пред'являли розгорнуті вимоги до мережевої архітектури 5G. Гнучкість наскрізної мережі E2E стане однією з визначальних особливостей при побудові мереж 5G. Це значною мірою пов'язано з програмно-центричним майбутнім інфраструктури мереж 5G і можливістю створювати високорівневі мережеві шари 5G, що використовують розширення програмно-визначеної мережі (SDN), віртуалізації мережевих функцій(NFV) і хмарних обчислень. Тому ДК13, як провідна дослідницька комісія MCE по 5G, продовжує роботу по переходу до програмного управління мережею і оркестрації мережевих функцій [11-13](див рисунок 1.2).

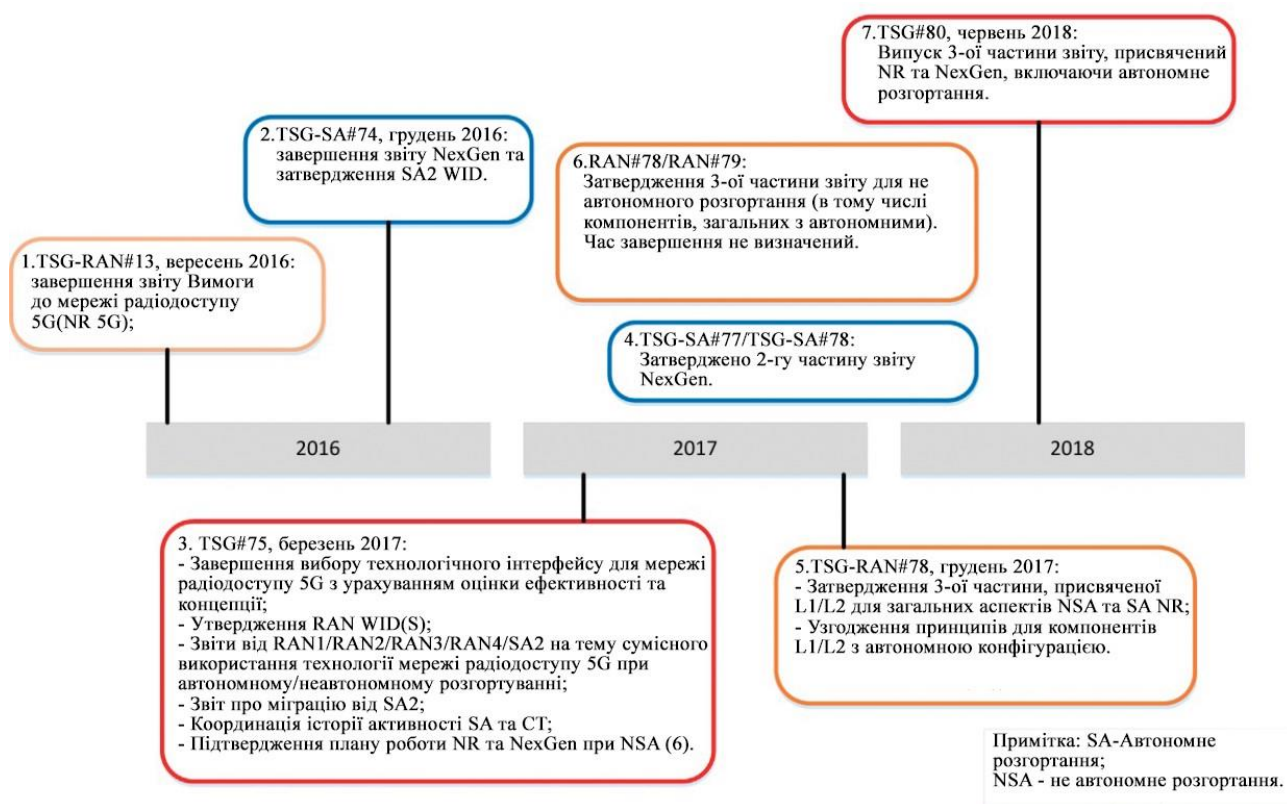


Рис. 1.2. План роботи по Релізу 15

Також ДК13 розробляє проекти стандартів 5G по мережевій архітектурі, мережевим можливостям, мережевим шарам (“слайсінг”), мережевому оркеструванню, управлінню мережею та інфраструктурою для збереження якості обслуговування. Сектор стандартизації МСЕ-Т прагне прискорити роботу по стандартизації провідних елементів мереж 5G. ДК15 розробляє технічний звіт за вимогами до оптичних транспортних мереж в складі 5G. ДК11 вивчає питання побудови площини управління мережі 5Gб, протоколи та методологію їх тестування. ДК5 досліджує екологічні вимоги до 5G систем. У листопаді 2017 р ДК13 створила фокус-групу з дослідження використання алгоритмів штучного інтелекту і машинного обчислення в мережах 5G. Робоча група 5D сектора радіозв'язку МСЕ-Р завершила розробку документа, підсумувавши плани МСЕ з розвитку ІМТ-2020. У співпраці з промисловими структурами, а також з широким колом зацікавлених сторін (Науковими центрами, національними регуляторами, виробниками контенту) МСЕ-Р веде детальні дослідження ключових елементів мереж 5G, які допомагають стандартизувати всі аспекти створення 5G. Сектор радіозв'язку МСЕ-Р завершив розробку двох звітів (М.2320 і М.2376), а також Рекомендації М.2083, в яких відобразив своє бачення розвитку мобільного широкосмугового зв'язку покоління 5G [14-16].

В кінці 2017 р РГ 5D провела міжнародний семінар, на якому обговорювалися вимоги до технічних характеристик 5G (ІМТ-2020), критерії оцінки та методології відбору кандидатів для затвердження технології ІМТ-2020. Процес відбору технологій-кандидатів планується завершити до 2020 р розробкою рекомендації МСЕ-Р з докладними специфікаціями для нових радіоінтерфейсів. Вона буде представлена на затвердження в Сектор радіозв'язку МСЕ-Р. Згідно з планами 3GPP роботу по стандартизації першої фази мереж 5G завершили у вересні 2018 року (Реліз 15) [11]. Ці специфікації будуть адресовані насамперед виробникам обладнання для забезпечення введення в комерційну експлуатацію перших мереж 5G, наміченого на 2020 р. В ході пленарного засідання TSG#72 – групи по технічним специфікаціям 3GPP (Пусан, Південна Корея) був затверджений план робіт по Релізу 15, що повністю охоплює питання стандартизації 5G (рисунки 1.2). Він включає в себе безліч проміжних завдань і календарних точок контролю статусу проведених робіт для забезпечення ефективного керівництва поточними дослідженнями по 5G в робочих групах 3GPP. Основні дати виконання робіт:

- вересень 2016: завершення підготовки Технічного звіту за новими вимогами до радіодоступу (NR);
- грудень 2016: початок нормативної роботи групи SA2 з архітектури мережі нового покоління (NexGen);
- березень 2017: початок розробки специфікації нових вимог до радіодоступу (5G NR) робочими групами RAN;
- грудень 2017: публікація попередніх технічних вимог Релізу 15 до мережі радіодоступу і базової мережі 5G;
- червень 2018: завершення розробки фази 1 мережі 5G і публікація остаточної версії Релізу 15.

Члени 3GPP поки досягли згоди тільки за двома сценаріями використання мереж 5G (use case) з трьох сценаріїв MCE:

- покращений мобільний широкосмуговий доступ (Enhanced Mobile Broadband, eMBB);
- ультранадійний зв'язок з низькими затримками (Ultra-Reliable and Low Latency Communications, URLLC).

Однак третій сценарій MCE - «Масові підключення для міжмашинного обміну даними» (massive Machine Type Communications, mMTC) – на етапі робіт по Релізу 15 теж увійшов до переліку дослідницьких питань Технічного звіту 3GPP. Крім того, було досягнуто згоди про використання діапазону 6 ГГц як точки відліку на шкалі спектра для дослідження спектра як нижче, так і вище.

Проект 5G NOW, що входить до сімейства проектів «ІТМ-2020», визначив для 5G кілька сигнально-кодкових конструкцій, заснованих на використанні фільтрованих сигналів з безліччю несучих: GFDM (Generalized Frequency Division Multiplexing);

- FBMC (Filter Bank Multicarrier);
- UFMC (Universal Filtered Multicarrier);
- BFDM (Bi-Orthogonal OFDM).

Ці сигнально-кодкові конструкції можуть стати основою нового сімейства технологій радіоінтерфейсу 5G, яке MCE визначить в лютому 2020 р.

### 1.3. Технології та архітектура наземної мережі 5G.

Мережу мобільного зв'язку 5-го покоління, відповідно до технічних специфікацій 3GPP, утворюють дві мережі: мережа радіодоступу NG-RAN і базову мережу 5G Core. Мережа радіодоступу NG-RAN може включати сукупність базових станцій (БС) (рис. 1.3), що складаються з [17]:

- БС gNB, радіоінтерфейс яких використовує технологію доступу 5-го покоління NR (NR Radio Access);
- БС ng-gNB, радіоінтерфейс яких використовує технологію доступу LTE (E-UTRA).

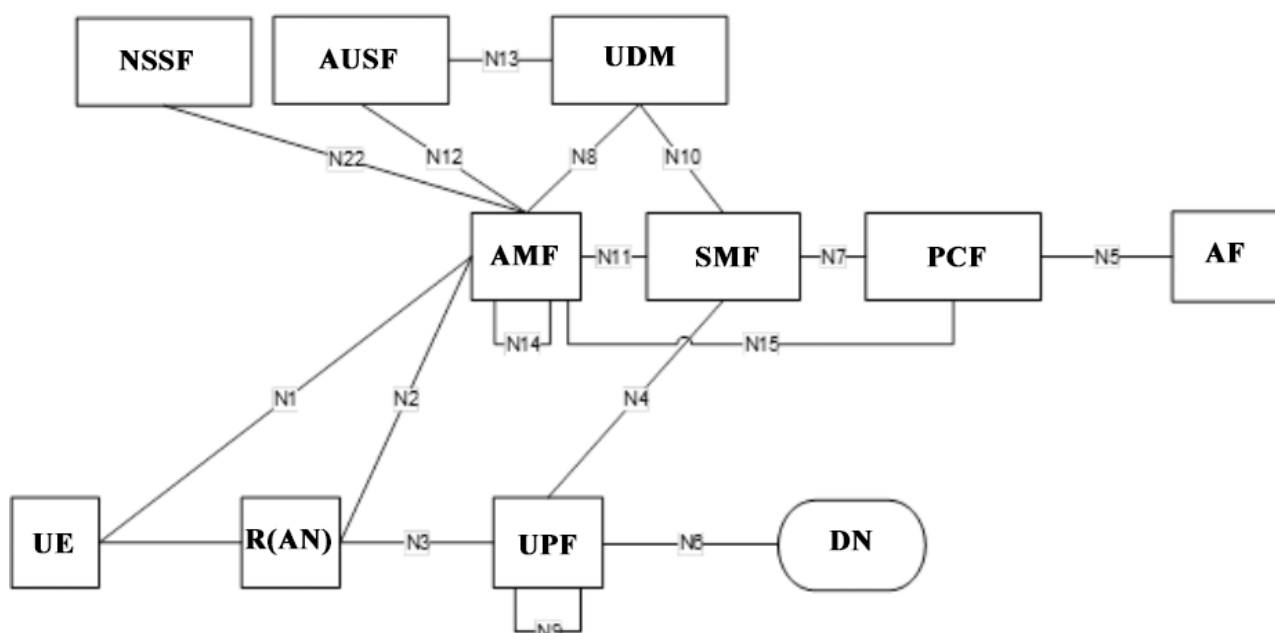


Рис. 1.3. Архітектура мережі мобільного зв'язку 5G.

Базові станції будуть взаємодіяти між собою по інтерфейсу Xn, а також з базовою мережею 5G Core по інтерфейсів NG: по інтерфейсу N2 – з модулем управління доступом і мобільністю AMF, по інтерфейсу N3 – з функціональними модулями площі користувача UPF.

Архітектура базової мережі 5G Core включає сукупність функціональних модулів базової мережі та мережевих інтерфейсів N1-N15, що з'єднують ці модулі.

Побудова сервісно-орієнтованої архітектури (SBA) базової мережі 5G Core визначено в Технічній специфікації TS 23.501 «Системна архітектура для системи 5G» Релізу 15.

Функціональні модулі базової мережі 5G Core призначені для вирішення наступних

завдань:

- управління сервером аутентифікації AUSF;
- управління доступом і мобільністю AMF;
- управління сесіями SMF;
- передача даних абонентів UPF;
- вибір мережевого шару NSSF;
- управління уніфікованими даними UDM;
- управління політиками PCF;
- зберігання структурованих мережевих даних SDSF;
- зберігання неструктурованих мережевих даних UDSF;
- управління мережею на основі додатків AF;
- забезпечення взаємодії мережі з зовнішніми функціями NEF;
- управління репозиторієм (базою даних) мережевих функцій NRF.

Головною особливістю базової мережі 5G стане можливість формування і використання мережевих шарів для різних послуг і підтримки паралельно до восьми шарів на один абонентський пристрій. Мережевий шар, що утворюється на основі технології віртуалізації NFV, дозволяє динамічно створювати логічну мережу E2E з використанням мереж радіодоступу 5G, базової мережі 5G Core і модулів міжмережевої взаємодії для послуги.

Для роботи мережі радіодоступу 5G будуть використовуватися два піддіапазони: FR1 (450-6000 МГц) і FR2 (24250-52600 МГц).



Класифікуємо базові станції gNB покоління 5G за кількома показниками: по використовуваних частотних діапазонах, компонуванні модулів БС і антенним системам, зоні обслуговування, типу БС (рис. 1.4-1.5).

Тип БС	Ділянка спектру (МГц)	Виконання
1-C	FR1 (450-6000)	Роздільне виконання антени, фільтрів передавача і приймача, підсилювача потужності та лінійного підсилювача приймача.
1-H		Роздільне виконання тільки композитної антенної решітки, поєднаної з радіорозподільною мережею антени та модулем прийомопередатчиків антенної решітки
1-O		Спільна компоновка композитної антенної решітки, радіорозподільчої мережі антени та 2-O FR2 модуля приймачів антенної решітки
2-O	FR2 (24250-52600)	

Рис. 1.4 Класифікація БС gNB 5G покоління з новим радіоінтерфейсом NR по частотних діапазонах, компонуванні модулів БС і антенним системам.

Зона обслуговування	Сценарій 5G	Територіальне рознесення між БС та UE, м
Широка	Макросотові (Macro Cell)	35
Середня	Мікросотові (Micro Cell)	5
Локальна	Пікосотові (Pico Cell)	2

Рис. 1.5 Класифікація БС gNB 5G покоління типу 1-O та 2-O.

Зона обслуговування	Сценарій 5G	Мінімальні втрати при з'єднанні БС з UE, дБ
Широка	Макросотові (Macro Cell)	70
Середня	Мікросотові (Micro Cell)	53
Локальна	Пікосотові (Pico Cell)	45

Рис. 1.6 Класифікація gNB 5G покоління типу 1-C та 1-H.

У мережі 5G для роботи базових і абонентських станцій визначені частотні діапазони (рис. 1.7 і 1.8).



Робочий діапазон NR	Робочий діапазон, МГц		Режим дуплекса
	Лінія вниз (UL) БС прийом/UE передача Ful_low-Ful_high	Лінія вверх (DL) БС передача/UE прийом Fdl_low-Fdl_high	
n1	1920–1980	2110–2170	FDD
n2	1850–1910	1930–1990	FDD
n3	1710–1785	1805–1880	FDD
n5	824–849	869–894	FDD
n7	2500–2570	2620–2690	FDD
n8	880–915	925–960	FDD
n20	832–862	791–821	FDD
n28	703–748	758–803	FDD
n38	2570–2620	2570–2620	TDD
n41	2496–2690	2496–2690	TDD
n50	1432–1517	1432–1517	TDD
n51	1427–1432	1427–1432	TDD
n66	1710–1780	2110–2200	FDD
n70	1695–1710	1995–2020	FDD
n71	663–698	617–652	FDD
n74	1427–1470	1475–1518	FDD
n75	N/A	1432–1517	SDL
n76	N/A	1427–1432	SDL
n77	3300–4200	3300–4200	TDD
n78	3300–3800	3300–3800	TDD
n79	4400–5000	4400–5000	TDD
n80	1710–1785	N/A	SUL
n81	880–915	N/A	SUL
n82	832–862	N/A	SUL
n83	703–748	N/A	SUL
n84	1920–1980	N/A	SUL

Рис. 1.7 Полоси частот 5G NR в діапазоні FR1.

Робочий діапазон NR	Робочий діапазон Uplink (UL) та Downlink (DL) БС передача/прийом UE передача/прийом $F_{UL\_low} - F_{UL\_high}$ $F_{DL\_low} - F_{DL\_high}$	Режим дуплексу
n257	26500–29500	TDD
n258	24250–27500	TDD
n260	37000–40000	TDD

Рис. 1.8. Полоси частот 5G NR в піддіапазоні FR2.

Аналіз рис. 1.7 і 1.8 показує, що в число діапазонів нижче 6 ГГц включені не всі 46 діапазонів частот, визначених раніше 3GPP для мереж LTE, і вперше введений діапазон 600 МГц (n71). Діапазони вище 6 ГГц використовуються тільки для режиму TDD з обмеженням до 40 ГГц в порівнянні з смугами, визначеними для досліджень до ВКР-19:

□ 24,25–27,5, 37–40,5, 42,5–43,5, 45,5–47, 47,2– 50,2, 50,4–52,6, 66–76 и 81–86

ГГц, будуть розподілені мобільній рухомий службі на первинній основі;

– 31,8–33,4, 40,5–42,5 и 47–47,2 ГГц, вимагають додаткового розподілу мобільній рухомий службі на первинній основі.

Сформований базовими та абонентськими станціями частотний канал, як і для технологій 4G, буде складатися з радіоблоків RB. Кожен радіоблок формується з піднесущих частот шириною 15, 30 і 60 кГц для піддіапазону спектра FR1.

Максимальна конфігурація радіоблоків NRB для частотного каналу базової станції і рознесення між піднесущими (SCS) в ресурсному радіоблоці RB, представлені в табл. 7 для піддіапазону спектра FR1 і в табл. 8 для піддіапазону спектра FR2.

SCS, кГц	Ширина частотного каналу, МГц												
	5	10	15	30	20	25	40	50	60	70	80	90	100
15	25	52	79	[160]	106	133	216	270	NA	NA	NA	NA	NA
30	11	24	38	[78]	51	65	106	133	162	[189]	217	[245]	273
60	NA	11	18	[38]	24	31	51	65	79	[93]	107	[121]	135

*Рис. 1.9 . Максимальна конфігурація числа радіоблоків NRB для різних смуг каналу передачі в піддіапазоні FR1.*

SCS, кГц	Ширина частотного каналу, МГц			
	50	100	200	400
60	66	132	264	N.A
120	32	66	132	264

*Рис. 1.10 Максимальна конфігурація числа радіоблоків NRB для різних смуг каналу передачі в піддіапазоні FR2.*

З огляду на обмежений радіус зон покриття, сформовані базовими мережами 5G для досягнення більш широкого покриття, розглянемо можливість використання і супутникового сегмента мереж 5G.

## **1.2. Технології та архітектура супутникової мережі 5G.**

3GPP, головний розробник технічних специфікацій на обладнання та інфраструктуру мереж 5G, приступив до дослідження можливостей використання супутникового сегмента 5G при розробці Релізу 14 в рамках звіту 3GPP TR 38 913[18].

Запропоновані 3GPP сценарії розгортання супутникового сегмента 5G визначені для надання послуг 5G в тих областях, де недоступні послуги наземного сегмента цих мереж, а також для послуг, які можуть бути більш ефективно підтримані супутниковими системами, такими, наприклад, як служба мовлення. Згідно [19], супутниковий сегмент 5G повинен доповнювати послуги мереж 5G, особливо на автомобільних, залізничних і водних шляхах, в сільських районах, де наземний сегмент послуг 5G недоступний. Спектр послуг, наданих через супутниковий сегмент 5G, що не обмежується передачею даних і голосовими послугами, а

підтримує ще послуги інтернету речей і M2M, мовлення і ряд послуг, толерантних до затримок сигналу.

На сьогоднішній день проектом 3GPP запропоновані три сценарії розгортання супутникових мереж 5G (табл. 9). Наведені в таблиці супутникові орбіти дозволяють використовувати:

- Геоестаціонарні супутники (GEO), розташовані на висоті 35786 км; що можуть забезпечити одним-трьома космічними апаратами (КА) охоплення зв'язком поверхні Землі між 70 ° пн.ш. і 70 ° пд.ш.
- Середньоорбітальні супутники (MEO), розташовані на висоті від 6000 до 10000 км; можуть забезпечити охоплення зв'язком над поверхнею Землі 10- 12 супутниками.
- Низькоорбітальні супутники (LEO), розташовані на висоті 800-2000 км; гарантують безперервність покриття мережею супутникового зв'язку над поверхнею Землі супутниковим угрупованням, що складається з 50-100 КА.

Параметри	Сценарій 1	Сценарій 2	Сценарій 3
Використовувані супутниковим сегментом діапазони частот	Діапазон 1,5 або 2 ГГц для обох ліній (DL та UL)	Діапазон 20 ГГц для ліній DL Діапазон 30 ГГц для ліній UL	Діапазон 40 або 50 ГГц
Метод розділення сигналів	FDD		
Супутникова архітектура	Bent-pipe	Bent-pipe, On-Board Processing	Bent-pipe, On-Board Processing
Типове використання супутникового сегмента в мережі 5G	Мережа доступу	Транспортна мережа	Транспортна мережа
Ширина каналу, МГц (DL+UL)	До 2 x 10	До 2 x 250	До 2 x 1000
Супутникові орбіти	GEO, LEO	LEO, MEO, GEO	LEO, MEO, GEO
Сценарії використання	100% поза приміщеннями		
Абонентське обладнання	Фіксоване, малорухоме, мобільне		

*Рис. 1.11. Сценарії розгортання супутникових мереж 5G.*

Частотні діапазони, наведені в *Рис. 1.11.*, охоплюють лише частина супутникових діапазонів, тоді як сучасні супутникові мережі розгорнуті в більш широкому переліку частотних діапазонів, включаючи L-діапазон (1-2 ГГц), S-діапазон (2-4 ГГц), C-діапазон (3,4-6,725 ГГц), Ku-діапазон (10,7-14,8 ГГц), Ka-діапазони (17,3-21,2, 27,0-31,0 ГГц) і Q/V-діапазони (37,5-43,5, 47,2-50,2 і 50,4-51,4 ГГц) і вище.

Системну архітектуру (Рис 1.12) супутникового сегмента 5G планується будувати на основі технологій Bent-pipe (з прозорими супутниковими транспондерами-

ретрансляторами; обробка інформації на борту не передбачена), на борту здійснюється тільки посилення і перетворення сигналів по частоті при збереженні виду модуляції сигналів. При використанні на супутникових транспондерах технології On-Board Processing на борту супутника виконується регенерація, включаючи модулювання та кодування сигналів.

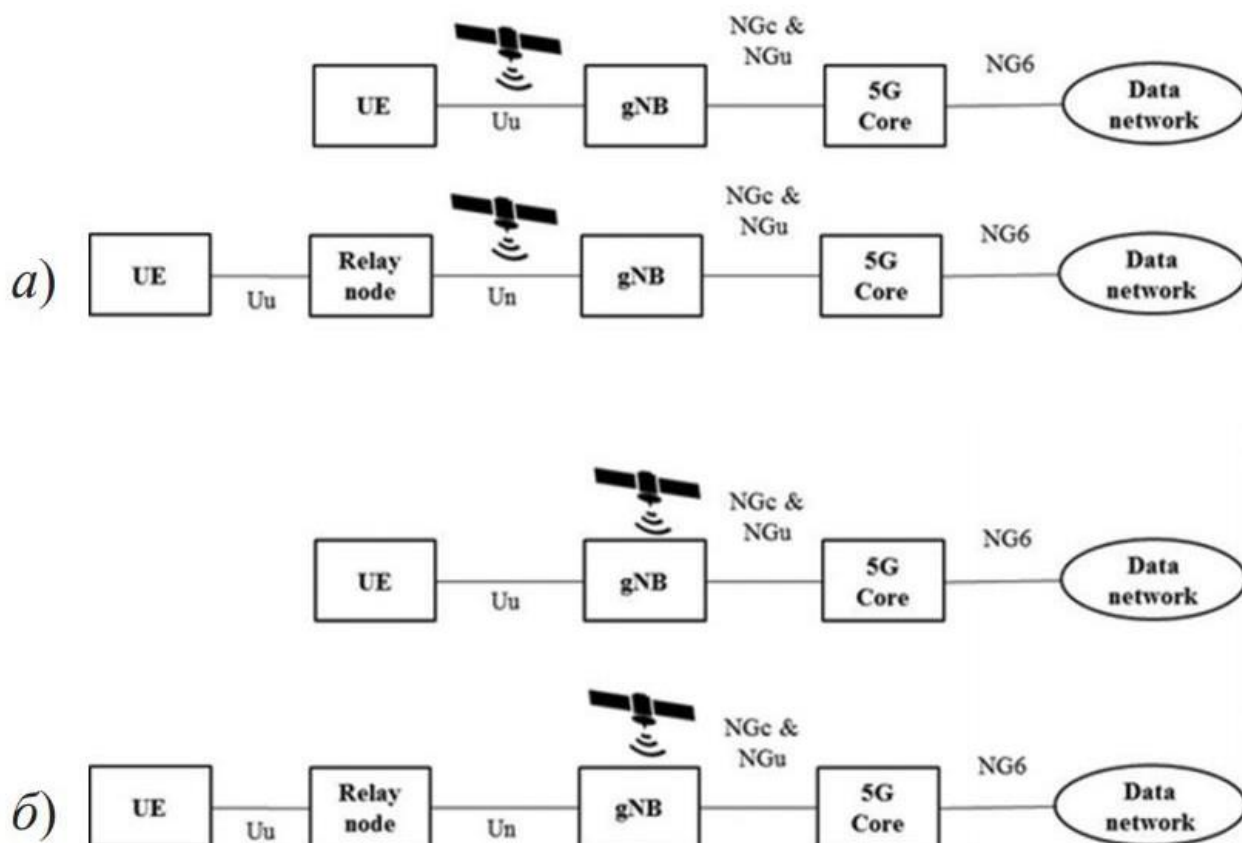


Рис 1.12. Архітектура супутникового сегмента 5G на основі технології Bent-pipe (a) On-Board processing (б) [20].

Мобільні пристрої супутникового сегмента 5G будуть представлені як ношеними абонентськими терміналами, так і іншими рухомими пристроями, встановлюються на автомобілях, кораблях, літаках і т.д. В даний час можливості носяться UE обмежені використанням смуг L- і S-діапазонів, але дослідження тривають, щоб забезпечити їх підтримку в більш високих частотних діапазонах.

У грудні 2017 року в рамках роботи над Релізом 16 була опублікована перша версія звіту TR22.822 [20], в якому запропоновані бізнес-кейси супутникового сегмента мережі 5G, головним з яких є інтернет речей, визначені вимоги до

забезпечення транскордонних сценаріїв з'єднання, а також основні характеристики супутникового сегмента мережі 5G: класи орбіт, геометрія зон покриття і затримки сигналу при поширенні, мережева архітектура супутникового сегмента мережі 5G.

Супутниковий сегмент мереж 5G включений в інтегровану мережу радіодоступу 5G, що надається через супутникову інфраструктуру і базову мережу 5G (Core Network 5G). Базова мережа 5G CN може бути підключена і до інших мереж радіодоступу 4G RAN, окрім супутникового сегмента 5G. Таким чином, корисне навантаження супутника сегмента 5G, на думку компанії «Боїнг» [21], може використовувати вдосконалену просторово-часову обробку при формуванні променя антени (Beam-forming) і цифрову обробку на борту, щоб генерувати тисячі вузькосмугових променів для забезпечення супутникового сегмента мережі зв'язку 5G на поверхні Землі (Рис 1.13).

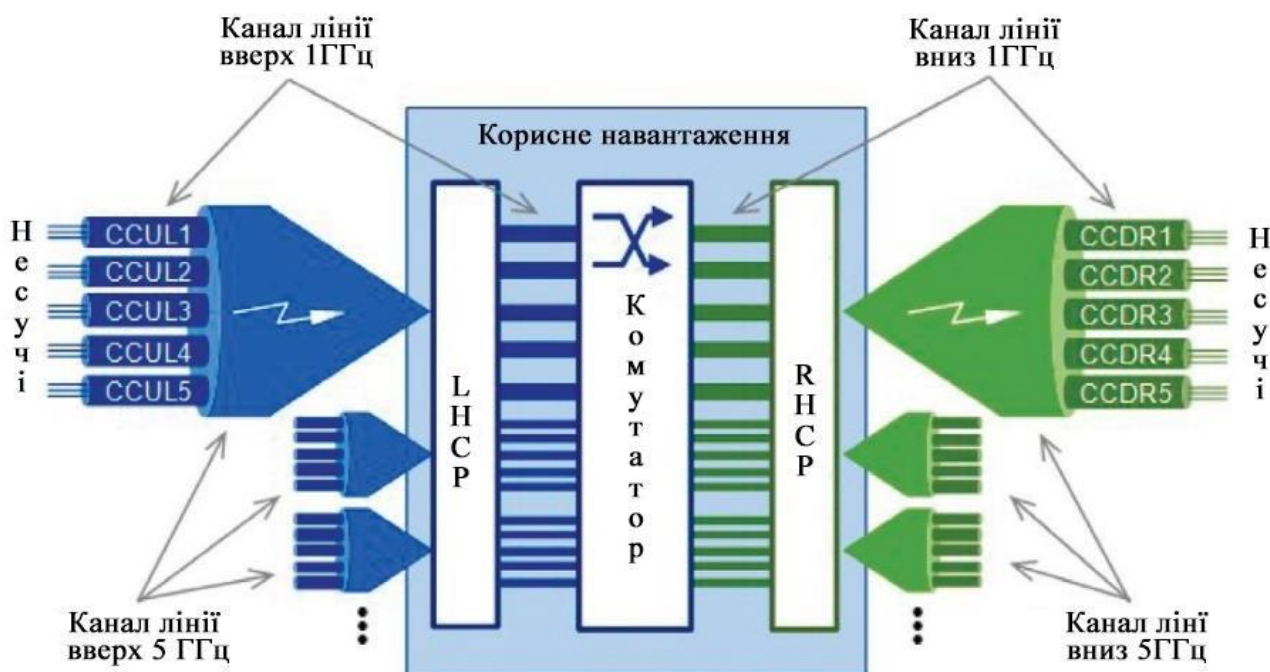


Рис 1.13. Схема обробки та формування сигналу на борту [22].

Кожен супутниковий канал в лінії вгору або вниз може мати до п'яти каналів зв'язку шириною 1 ГГц при загальній смузі пропускання до 5 ГГц в залежності від

миттєвої ємності, необхідній соті, що обслуговується променем. Будь-який канал в лінії вгору може бути підключений до будь-якого каналу лінії вниз відповідно з використанням алгоритмом зв'язності.

## **Висновки**

Інфраструктурним базисом цифрової економіки світу будуть мережі зв'язку нових поколінь, а в сегменті мобільного зв'язку - мережі на основі технологій мобільного зв'язку п'ятого покоління що найбільш відповідає викликам цифрової економіки і можливостям трансформації виробничих бізнес-процесів на основі наскрізних технологій.

Наземний сегмент інфраструктури мобільного зв'язку 5G, що включає мережі радіодоступу 5G і базову мережу 5G Core, буде використовувати два піддіапазони, позначених 3GPP як FR1 (450-6000 МГц) і FR2 (24250-52600 МГц) на основі базових станцій різних класів.

Якщо брати до уваги необхідність забезпечення широкого територіального покриття великих просторів розвинених країн світу мережами 5G і роль цих мереж у майбутній інфраструктурі цифрової економіки, розвиток супутникового сегмента 5G стає одним з актуальних питань просування і стандартизації мереж зв'язку п'ятого покоління на наступному етапі - в період 2020-2025 рр.

Стандарт 5G – це більше, ніж просто мережева технологія. 5G слід розглядати як середовище бездротового доступу, спілкування пристроїв, людей через різноманітний набір сценаріїв. За допомоги 5G людство зможе реалізувати "Інтернет речей" , "Мережеве суспільства" і машиноорієнтовані комунікацій (M2M, D2D).



## РОЗДІЛ 2

### АНАЛІЗ КОМП'ЮТИНГУ ТА ЙОГО ХАРАКТЕРИСТИКИ

В останній чверті 20 століття в економіці США відбувся перехід від індустріальної до інформаційної епохи. Це характеризувалося помітними зрушеннями при виборі професії, масовим вибором зайнятості у вигляді працівника знань замість працівника фізичної праці. За всім цим стояло розвиток комп'ютерних наук, яке призвело до змін в інтелектуальній, соціальній та культурній сфері. Дослідники і розробники в комп'ютинге широко застосовували і поширювали нові технології, отримуючи високу оплату за свою працю.

Відбулося зростання факультетів комп'ютерних наук, сама професія стала користуватися у студентів, чисельність яких помітно зросла, значною популярністю.

Внаслідок цього для перевірки знань студентів довелося навіть розробити систему стандартизованих тестів. У цей період, сприятливий для розвитку комп'ютерних наук, спостерігалось зростання як національної, так і світової економіки.

Можна вважати, що крах дот-комів з'явився ознакою закінчення інформаційної ери. Комп'ютерні науки стали розглядатися як нестабільна кар'єра, а до професії в цілому інтерес серед молоді помітно спав. На факультети стали надходити різні нарікання від промисловості, що стосуються невідповідності випускників до сформованим виробничим вимогам. Таким чином, за власними економічних мотивів студенти стали більше цікавитися іншими сферами зайнятості та застосування своїх сил. Бізнес-освіта набула в їхніх очах значну привабливість, що призвело в значному чисельного росту випускників по бізнес-напрямку.

Така втрата інтересу до комп'ютерних наук, найімовірніше, стала частиною природного коливання популярності професій. Разом з тим було б неправильно просто спостерігати подібну ситуацію, чекаючи повернення того, що було. Хоча б тому, що в даний час намітився перехід від суто

інформаційної до концептуальної фази технологій. Перш успішний підхід до встановлення абстракцій окремо від реальних завдань перестав безвідмовно спрацьовувати, що утворює певний дисбаланс. Для його подолання в цей період доводиться міняти напрямок докладання зусиль, переходячи до концептуального погляду на речі. Як виявляється, для його послідовного та успішного проведення в життя потрібно міцна освітня база в області комп'ютерних наук і комп'ютингу.

В останній чверті 20 століття в економіці США відбувся перехід від індустріальної до інформаційної епохи. Це характеризувалося помітними зрушеннями при виборі професії, масовим вибором зайнятості у вигляді працівника знань замість працівника фізичної праці. За всім цим стояло розвиток комп'ютерних наук, яке призвело до змін в інтелектуальній, соціальній та культурній сфері. Дослідники і розробники в комп'ютинге широко застосовували і поширювали нові технології, отримуючи високу оплату за свою працю.

Відбулося зростання факультетів комп'ютерних наук, сама професія стала користуватися у студентів, чисельність яких помітно зросла, значною популярністю.

Внаслідок цього для перевірки знань студентів довелося навіть розробити систему стандартизованих тестів. У цей період, сприятливий для розвитку комп'ютерних наук, спостерігалось зростання як національної, так і світової економіки.

Можна вважати, що крах дот-комів з'явився ознакою закінчення інформаційної ери. Комп'ютерні науки стали розглядатися як нестабільна кар'єра, а до професії в цілому інтерес серед молоді помітно спав. На факультети стали надходити різні нарікання від промисловості, що стосуються невідповідності випускників до сформованим виробничим вимогам. Таким чином, за власними економічними мотивів студенти стали більше цікавитися іншими сферами зайнятості та застосування своїх сил. Бізнес-освіта набула в їхніх очах значну привабливість, що призвело в значному чисельного росту

випускників по бізнес-напрямку.

Така втрата інтересу до комп'ютерних наук, найімовірніше, стала частиною природного коливання популярності професій. Разом з тим було б неправильно просто спостерігати подібну ситуацію, чекаючи повернення того, що було. Хоча б тому, що в даний час намітився перехід від суто інформаційної до концептуальної фази технологій. Перш успішний підхід до встановлення абстракцій окремо від реальних завдань перестав безвідмовно спрацьовувати, що утворює певний дисбаланс. Для його подолання в цей період доводиться міняти напрямок докладання зусиль, переходячи до концептуального погляду на речі. Як виявляється, для його послідовного та успішного проведення в життя потрібно міцна освітня база в області комп'ютерних наук і комп'ютингу.

## **2.1 Концептуальна фаза технології.**

Концептуальна фаза технології базується на передумові, що когнітивна та креативна складові розробки будуть представлені в порівнянних пропорціях. Спостерігається успіх подібних підходів, зокрема, в індустрії ігор. Ця галузь потребує випускників, які мають хороші навички в програмуванні та розробці систем і поєднують їх з досвідом роботи у великих міждисциплінарних командах. Типовий же випускник має, як правило, невеликий досвід роботи над одним-двома проектами, причому в нечисленних колективах. Для обліку подібних запитів факультетам доводиться переоснащуватися. У будь-якому випадку стан справ такий, що доводиться вносити істотні корективи в академічні програми.

Перш за все потрібно сильна базова підготовка в комп'ютерних науках, оскільки знижується потреба в працівниках з розпливчастими уявленнями про завдання, які вирішуються в цій області. Тим самим знову затребуваний досвід викладання фундаментальних основ інформаційних технологій. Перехід до концептуальної фази технологій вимагає спеціального способу мислення, коли висувається «велика ідея» або «велика концепція» і потрібно вирішити, як її здійснити і на основі яких технологій. Вирішальним фактором успіху

виявляється сильна базова підготовка в комп'ютерних науках і комп'ютингу.

Серед інженерних навичок на першому місці знаходиться сильна програмістська підготовка. Колишній тезу про те, що достатньо вивчити одну мову, а до наступного вже легко можна буде перейти, далеко не завжди спрацьовує в умовах сучасної практики. Іншою вимогою є висока кваліфікація в розробці систем. Потім йде навик роботи у великій міждисциплінарній групі.

В ідеалі програміст повинен виробляти програмний код відповідно до задуму дизайнера, приймати правильні оформлювальні рішення для візуалізацій і вміти вписатися в загальну роботу групи. Неважко бачити, що сукупність подібних якостей не розвинений в вузі, що породжує відому незадоволеність комп'ютерними науками в цілому. Для вироблення професійних навичок на подібному рівні явно недостатньо часу, проведеного у вищому навчальному закладі, хоч би комплексної і досконалою не була освітня програма.

## **2.2 Семантичний комп'ютинг і семантична мережа.**

Проводиться відмінність між загальним підходом комп'ютингу, заснованим на семантичних технологіях (машинне навчання, нейронні мережі, онтології, логічний висновок і т.п.) і концепцією семантичної мережі в сенсі Бернерса-Лі, під якою розуміється спеціальна екосистема технологій, що включає RDF і OWL. Семантична мережа привернула до себе увагу, стимулюючи розуміння важливості семантики. У широкому сенсі технології семантичних мереж розглядаються як один з інструментів, що застосовуються для здійснення семантично орієнтованих рішень.

В даний час Web стала найбільшим світовим репозиторієм розподіленої інформації. Форми її подання досить різноманітні і варіюються від Web-сторінок до блогів і відео. Інформаційні сервіси розвиваються в напрямку агрегування, індексування та пошукових можливостей в середовищі цифрових даних, однак повне значення даних може бути проінтерпретувати тільки людиною. У загальному випадку машини не мають здібностей розуміння або

умовиводів для основної маси збережених в мережі даних. Вони не в змозі інтерпретувати або виводити нову інформацію з наявних даних і це в останні десятиліття є предметом активного дослідження в галузі штучного інтелекту. У зв'язку з цим на семантичні технології покладено особливу надію, що вони допоможуть вирішенню цієї проблеми, причому не в стільки віддаленому майбутньому.

Екосистеми в Web, засновані на простих форматах і протоколах, є прикладом ефективного управління, розподілу, організації доступу та подання великих обсягів даних. Ця область є сферою активного дослідження і експериментування, все більш розвиваючись за своїм обсягом та складністю. Їх розвиток призвело до вироблення нового і ще небеззаперечного уявлення про «каркасі даних» (англ. : data mesh), яке охоплює різні техніки і технології вистав інформації і знання, що склалися в останні роки. У своїй простій формі каркас даних є орієнтованим графом, вершини якого вказують на дані та інформацію, представлені у відомих форматах, а дуги - на зв'язку і предикати, наявні між пов'язаними даними.

Вважається, що за допомогою таких структур можна врахувати користувачів, які є не тільки споживачами (англ. : data consumers), але і виробниками (англ. : data producers) інформації в мережі. Новітні предметно-орієнтовані системи подання знань, наприклад, myGrid (див. [Http://www.mygrid.org.uk/](http://www.mygrid.org.uk/)), успішно застосовують технології семантичного комп'ютингу, зокрема, для досліджень в біоінформатики. Каркас даних може використовуватися для організації різних понять і підходів, що застосовуються в ході розвитку семантично нетривіальною екосистеми, яка застосовує як інструментальні засоби, так і сервіси для виконання певного обсягу досліджень. При цьому переслідуються чисто практичні цілі, без будь-якої претензії на універсалізацію і уніфікацію каркаса даних як засоби представлення всього накопиченого обсягу даних. Але область комп'ютингу, спільні цілі його розвитку висувують значно складніші, комплексні і глибокі завдання, від успіху або неуспіху рішення яких залежить існування цілих

галузей науки, техніки і промисловості.

### **2.3 Область комп'ютингу.**

Комп'ютинг і його розвиток ставить цілий ряд питань, на більшу частину з яких відповіді або неповні, або невідомі. Деякі з них: що таке `обчислення'? що таке `Інформація'? що можна дізнатися, користуючись комп'ютингу? чого не можна дізнатися, користуючись комп'ютингу? - мають фундаментальне значення. Ці питання супроводжували комп'ютинг, починаючи з 1940-х рр. Здавалося, на них є відповіді, але і сьогодні ці ж самі питання задаються всіма і всюди, у всіх областях науки, інженерії, бізнесу і навіть політики. Довгий час побутувала традиція, відповідно до якої комп'ютинг розглядався як наука про явища, які супроводжують комп'ютери, і цей погляд не викликав сумніву. Комп'ютинг завжди був і залишається наукою про інформаційні процеси. Приблизно з 1995 р фахівці з різних областей науки, один за іншим, стали заявляти, що ними в їх же області виявлено природні інформаційні процеси. Ці відкриття ввели в ужиток іншу традицію, відповідно до якої комп'ютинг став вважатися наукою про природному і про штучне одночасно.

### **2.4 Подпарадигмами, що містяться в комп'ютингу.**

Комп'ютинг був і залишається в центрі багатьох дискусій в університетах, при виробленні освітніх програм для вузів і шкіл, при оцінці кваліфікації фахівців, в наукових дослідженнях, інноваціях, суспільного життя і під час обговорення перспектив освіти. В основному, дебатовалося питання, чи зараховувати комп'ютинг до області інженерії або до галузі науки [1-5]. Все це залишало людей в стані невизначеності, що негативно відбилося на політиці використання комп'ютингу.

Угода досягалося в розумінні того, що комп'ютинг є спільним результатом інженерії і науки, але ні наука, ні інженерія окремо не дають його характеристики. Виникає питання, яким чином можна дати характеристику комп'ютингу. Як виявилось, доводиться приймати самостійне парадигму комп'ютингу.

Термінологічно «парадигма» означає систему посилок і відповідних їй

практик, з позицій якої розглядається не тільки світ в цілому, але також і підходи до вирішення завдань. Як завжди, цілісна парадигма може складатися з окремих подпарадигмами.

У дискусії, чи є комп'ютинг інженерією або наукою, довга історія, що збігається за своєю тривалістю з часом існування самого комп'ютингу. У судженнях не спостерігається єдності. Інженерна думка переважала протягом чотирьох десятиліть, коли ставала і бурхливо розвивалася індустрія побудови комп'ютерів, мереж, програмного забезпечення. Починаючи з середини 1980-х рр., У міру розвитку обчислень, стала заявляти про себе точка зору науки, відповідно до якої комп'ютинг є однією з її галузей або подпарадигмами, що стимулювало його подальше експериментальне вивчення.

Спостерігалось три великі хвилі спроб, які були спрямовані на вироблення уніфіцірованності поглядів. Відповідно до першої з них комп'ютинг відокремлювався і від інженерії, і від науки в силу специфіки вивчення інформаційних процесів. Сам комп'ютинг оголошувався навіть наукою про штучне. В кінці 1960-х рр. виникла друга хвиля, яка ставить в основу програмування і пропонувала розглядати програмування як мистецтво побудови інформаційних процесів. Але в даний час в суспільній свідомості це розуміння значно звузилося, програміст розглядається просто як кодировщик. Третя хвиля стала поширюється з середини 1970-х рр. в рамках програми COSERS (Computer Science and Engineering Research Study), ініційованої NSF в США. Комп'ютинг став трактуватися як автоматизація інформаційних процесів в інженерії, науці та бізнесі. Але це напрямку не змогло з'єднати інженерну та наукову точки зору.

З середини 1980-х рр. відсутність єдиного розуміння комп'ютингу стало помітним, а сам комп'ютинг було запропоновано вважати самостійною дисципліною [4]. Це впливало з визнання того, що комп'ютинг є унікальним поєднанням парадигм математики, науки та інженерії. Саме поєднанням і з'єднанням, оскільки жодна з цих парадигм в окремо не пояснювала і не охоплювала все поле комп'ютингу. Програмування стало розглядатися як

практика, на яку проектуються всі три парадигми, але виключно до цієї практики комп'ютинг зізнавався несвідомих. Такий підхід припускав мирне співіснування парадигм математики, науки та інженерії, що забезпечувало формування ядра того знання, яке могло б обслуговувати всі три парадигми, які розглядалися на рівних правах. До 1997 р гасло ІТ - інформаційні технології, - став здаватися навіть повністю примирити всі три парадигми і був прийнятий як синонім комп'ютингу. Але в даний час ІТ відносять до технологічної інфраструктури разом з фінансовими і комерційними додатками, що тепер не розглядається як базові технічні аспекти комп'ютингу.

## **2.5 Парадигма комп'ютингу.**

Розуміння комп'ютингу як простого змішування всіх трьох підпарадигмами не дає його повної картини. Сучасне розуміння передбачає зміщення центру уваги з власне обчислювальних машин на інформаційні процеси, куди входять і природні інформаційні процеси, наприклад, що характеризують кодування ДНК. У відповідності з основними принципами комп'ютингу виділяються його сім вимірювань: обчислення, комунікація, координація, перекомбінирование, автоматизація, оцінка та проектування. Виникаючі взаємозв'язку інтерпретують комп'ютинг як динамічне поле багатьох

«Реалізаційних» і «впливають» взаємодій. До теперішнього часу комп'ютинг починає розумітися як четверта самостійна велика область науки, крім фізики, життя і суспільства.

Всі ці нові рамки свідчать про істотне зростання області комп'ютингу, що спостерігався в останнє десятиліття. Тепер комп'ютинг більше не розглядається як збірна назва для алгоритмів, структур даних, чисельних методів, мов програмування, операційних систем, мереж, баз даних, графіки, штучного інтелекту та програмної інженерії, що спостерігалось аж до 1989 р Тепер сюди відносять також Інтернет, Web -науку, мобільний комп'ютинг, охорону кіберпростору, проектування призначених для користувача інтерфейсів і візуалізацію інформації.



Комерційні програми встановили нові дослідницькі горизонти і викликали до життя відкриті проблеми в зв'язку з соціальними мережами, нескінченно розвиваються обчисленнями, музикою, відео, цифровою фотографією, баченням, он-лайн іграми багатьох гравців, нарощувати призначеним для користувача контентом і багатьом іншим.

Зростає роль наукового (експериментального) методу вивчення комп'ютингу. Евристичні алгоритми, розподілені дані, змішані дані, судова інформація, розподілені мережі, соціальні мережі, автоматизовані робототехнічні системи і деякі інші часто виявляються занадто складними, щоб можна було побудувати їх аналітику, але можуть вивчатися експериментально.

Наприклад, виявлення виявилось настільки ж важливим, як і конструювання або проектування. Виявлення та проектування виявилися взаємопов'язаними, зокрема, поведінка такої спроектованої системи, як Web досліджувалося, виходячи зі спостережень. Крім того, були побудовані симулятори, які імітували виявлені інформаційні процеси. Разом з тим, комп'ютинг породив пошукові засоби, які сприяли науковим відкриттям в різних областях науки.

Сьогодні отримали визнання природні інформаційні процеси, включаючи сприйняття і впізнавання живими істотами, розумові процеси, суспільне взаємодія, економіку, розшифровку ДНК, імунні системи, а також квантові системи.

Уявлення з комп'ютингу з успіхом застосовуються при вивченні цих природних процесів.

Сутність парадигми комп'ютингу можна коротко сформулювати як інформаційні процеси незалежно від того, чи є вони природними або штучно сконструйованими процесами, спрямованими на перетворення інформації. У комп'ютинге інформаційні процеси розуміються як вираження, які здійснюють роботу. Виявом є опис кроків процесу у вигляді, можливо, великого набору інструкцій. Виразами можуть бути артефакти, наприклад,

програми, написані програмістами, а також опису природних структур, наприклад, структури ДНК. Вирази не стільки декларативні, скільки імперативні оскільки з їх допомогою породжуються дії, здійснювані машинами.

Оскільки вирази не обов'язково безпосередньо відповідають законам природи, то розвинені різні методи, які дозволяють переконатися, що заплановане поведінка дійсно здійснюється і не призводить до виникнення небажаних побічних ефектів. Деякі методи отримані в формальній математики, забезпечуючи підтвердження, що виражаються дії соответвуют специфікаціям. Але більша частина з них покладаються на результати експериментів, що підтверджують гіпотетичне поведінку системи і які визначають межі застосування надійних операцій.

## **2.6 Характеристики комп'ютингу.**

Для більш точного зазначення цих відповідностей і взаємних впливів потрібно більш детальна характеристика парадигми комп'ютингу, складена щодо відомих парадигма математики, науки та інженерії.

У комп'ютингу. Визначення, чи можна розроблювану (або спостережувану) систему уявити інформаційними процесами, які або кінцеві (завершуються), або нескінченні (тривають інтерактивно).

Концептуалізація.

В математиці. Формування гіпотези про можливі зв'язки між об'єктами (теорема).

У науці. Побудова моделі, яка пояснює спостережуване і забезпечує передбачення (модель).

В інженерії. Вироблення формальних тверджень про функції і взаємодіях системи (специфікації).

У комп'ютинге. Побудова (або виявлення) обчислювальної моделі (наприклад, алгоритму або набору обчислювальних агентів), яка породжує необхідну поведінку системи.

### Реалізація.

В математиці. Висновок справжніх зв'язків (доказ).

У науці. Здійснення експериментів і збору даних (підтвердження, валідація). В інженерії. Проектування і реалізація прототипів (проектування).

У комп'ютеринге. Реалізація спроектованих процесів в середовищі, яка може виконувати відповідні інструкції. Розробка імітаторів або моделей встановлених процесів. Спостереження поведінки інформаційних процесів.

### Оцінка.

В математиці. Інтерпретація результатів. У науці. Інтерпретація результатів.

В інженерії. Тестування прототипів.

У комп'ютеринге. Тестування реалізації на логічну коректність, на несуперечливість висунутим гіпотезам, на обмеження продуктивності і на відповідність вихідним цілям. При необхідності розвиток реалізації.

### Дія.

В математиці. Дія на результати (застосування). У науці. Дія на результати (прогноз).

В інженерії. Дія на результати (побудова).

У комп'ютеринге. Перенести результати на дії в реальному світі. Стеження за тривалою оцінкою.

Як видно з виконаного зіставлення, комп'ютеринг має свої власні відмінні ознаки по всім загальнометодологічні параметрам, які не можна просто ігнорувати як несуттєві.

## 2.7 Перегляд основ комп'ютерингу.

У сформованому комп'ютеринге просунулися в розумінні множин і навчилися експлуатувати моделі обчислень, засновані на уявленні про змінну, для якої відомо, по якій області вона буде пробігати - типові моделі обчислень, або моделі обчислень з типами. Іншими словами, ідея типу набула широкого поширення і повсюдне визнання, а всі наявні системи програмування мають в більшій чи меншій мірі опрацьовані системи управління типами змінних /

об'єктів.

Менш опрацьованими виявилися моделі, засновані на класах, оскільки вони ведуть до побудови областей, елементами яких є інші області і т.д., а для таких структур різко зростає обсяг обчислень, необхідний для перевірки істинності або хибності тверджень.

Зовсім опрацьованими і не осмисленими на практиці залишилися моделі обчислень, в яких не передбачалося вказівки типу змінних - Безтипові моделі обчислень.

Серед них домінуюче становище займає  $\lambda$ -числення і комбінаторна логіка. Хоча  $\lambda$ -числення і отримує визнання в практиці технологій програмування, але не так швидко, як воно того заслуговує, комбінаторна логіка застосовується явно недостатньо. Комбінатори - основні першоеlementи комбінаторної логіки, - вводилися в надії позбутися від арифметичного стилю роботи з числовими даними, характерного для абсолютної більшості колишніх і існуючих систем програмування, і замість цього перейти до іншого стилю міркувань в термінах об'єктів і застосувань їх один до одного. При використанні першого стилю виконується обчислення - від слова 'число', - а при використанні другого - комп'ютинг у власному розумінні цього терміна. Крім того, комбінатори мають справу з вільними змінними, які розуміються як індетермінанти і зовсім не мають справи з пов'язаними змінними. По суті, комп'ютинг з комбінаторами виконується в термінах констант. Ще краще сказати: 'константних об'єктів', а це константи не в абсолютному розумінні, а у відносному, коли об'єкти проявляють властивість константності щодо середовища, в якій здійснюється комп'ютинг. Залишається сформулювати відповідне визначення константи - дати характеристику властивості константності, - і також визначитися з моделлю середовища. Це як раз і виявляється непростю справою, оскільки впливає на всі елементи обчислювальної архітектури без винятку.

## 2.8 Вирази в комп'ютинге

Вирази в комп'ютинге істотно відрізняються від виразів в інженерії, науці та математики. У них передбачається, що відповідні виражальні засоби мають статус «стороннього спостерігача» щодо об'єктів або системи, яка в них розробляється або вивчається. Ці кошти залишаються багато в чому чисто репрезентативними. Наприклад, схеми, моделі в науці і математичні моделі не є виконуваними самі по собі. Для забезпечення наповнюваності їх треба скомбінувати з обчислювальними системами, які вони покликані автоматизувати, симулювати або моделювати. Це, наприклад, досягається програмним забезпеченням, асоційованим відповідного математичного забезпечення. Навпаки, обчислювальні конструкції і вирази не розглядаються як сторонні щодо представленої ним системи. Можливості самосилочності призводять до потужних обчислювальних схем, заснованих на рекурсії.

Тим самим полегшується встановлення обчислюваності або завершаності, що вважається однією з найскладніших математичних задач.

У природних інформаційних процесах самосилочність є спочатку, наприклад, в клітці міститься її власна схема. Уявлення про «обчислювальному мисленні» цілком природно вкладається в рамки такої парадигми комп'ютингу, яка описує не тільки спосіб мислення, але і систему практики.

## **Висновки**

Свідомо звужена до рамок інженерії картина комп'ютингу є явно недостатньою. Така вузька трактування в даний час призводить до збитку в здійсненні інновацій, виконання досліджень в науці і розвитку технологій. Це відображається не тільки на розвитку та фінансуванні освіти і наукових досліджень, а й на ставленні суспільства до комп'ютингу, а також і на виборі молоддю напрямки для свого кар'єрного зростання.

Накопичені на сьогодні результати в застосуванні комп'ютингу свідчать про нагальну потребу в повсюдному встановленні його розширеного розуміння і вироблення вдосконаленої понятійної основи.

## РОЗДІЛ 3

### РІЗНИЦЯ МІЖ ХМАРНИМИ ТА КРАЙОВИМИ ОБЧИСЛЕННЯМИ

#### 3.1 ХМАРНІ ОБЧИСЛЕННЯ

Хмарні обчислення - це надання обчислювальних послуг - серверів, сховищ, баз даних, мереж, програмного забезпечення, аналітики та багато чого іншого через Інтернет («хмара»). Компанії, що пропонують ці обчислювальні послуги, називаються хмарними провайдерами і зазвичай стягують плату за послуги хмарних обчислень на основі використання, подібно до того, як ви оплачуєте воду чи електрику будинку.

У спрощеному вигляді хмарні обчислення можна уявити, як додаток на основі браузера, розміщене на віддаленому сервері. Для звичайного користувача це все, що йому дійсно потрібно знати про хмарних обчислювання.

Але за цим стоїть набагато більше. Те, що дійсно представляють собою хмарні обчислення, величезна: це спосіб для невеликих організацій конкурувати з набагато більшими, це спосіб заощадити багато грошей і це спосіб економії енергії при вироблених процесах.

Одним з найбільших переваг буде зберігання. Серверні ферми володіють величезними обсягами зберігання. Прикладом цього можуть служити безкоштовні служби електронної пошти, доступні в Інтернеті. Часто ці поштові служби надають користувачам великий обсяг пам'яті, оскільки для них це дешево, використовуючи доступне простір, що знаходиться в хмарі. Слід зазначити, що поширеність дешевого сховища на серверних фермах в майбутньому принесе користь користувачам. Одним з основних переваг цього є запобігання втрати даних. Завдяки управлінню хмарними даними на безлічі мережових комп'ютерів ймовірність втрати даних стає менш вірогідною і дійсно є особливістю, яку компанії хмарних обчислень використовують для своїх потенційних клієнтів. В останні кілька років багато говорили про великих банках, які втрачали важливу інформацію про клієнта. Якби ця

інформація зберігалася в хмарному середовищі, теоретично вірогідність втрати даних була б набагато менше.

### **3.2 Мобільні граничні обчислення**

Відкриття цього середовища IT-послуг дозволить додаткам і сервісам від мобільних операторів, постачальників послуг і контенту ефективно і без проблем інтегруватися в багатопроцесорні мобільні платформи для мобільних обчислень. Характеристики та можливості, пропонувані платформою МЕС, можуть бути використані, щоб забезпечити близькість, контекст, гнучкість і швидкість для більш широких інновацій, які можуть бути переведені в унікальну цінність і дохід.

Доступ до контенту і додатків може бути прискорений; їх чуйність може бути збільшена, максимізуючи швидкість і інтерактивність. Популярний і локально релевантний контент може доставлятися безпосередньо, коли користувачі підключаються, обмежуючи смугу пропускання до ядра і хмари.

Знання умов радіозв'язку в режимі реального часу і контекстної інформації може використовуватися для оптимізації роботи мережі і обслуговування (реагування і адаптації до умов, що змінюються мережі). Це поліпшить якість обслуговування і використання мережевих ресурсів, що дозволить їм ефективно обробляти збільшені обсяги трафіку. Мережа реального часу і дрібномасштабні контекстна інформація (включаючи місце розташування) можуть використовуватися для збагачення мобільного широкосмугового доступу шляхом створення персоналізованих сервісів, орієнтованих на індивідуальні потреби і переваги.

Оператори можуть переміщатися в ланцюжку створення вартості і перевизначати персоналізовані служби. Вони можуть використовувати свої мережі і відкривати їх уповноваженим третім сторонам (безпечним способом), надаючи можливість розробникам Over the Top (OTT) гнучко і швидко розгортати інноваційні програми та послуги для мобільних абонентів, підприємств і вертикальних сегментів. Оператори зможуть створювати нові потоки доходів і радувати своїх клієнтів, розробляючи нове покоління



додатків, яке забезпечує приріст вартості і відкриває нові ринкові можливості. Крім того, додатки, що підтримують тіснішу інтеграцію параметрів мережі та обслуговування, поліпшать як досвід обслуговування, так і використання мережевих ресурсів.

Постачальники прикладних послуг, розробники OTT і незалежні постачальники програмного забезпечення зможуть трансформувати близькість і контекст в цінність і зможуть генерувати нові доходи. Їх програми та послуги можуть бути розширені і прискорені, щоб забезпечити унікальний і безпрецедентний досвід. Інноваційні програми можуть бути швидко впроваджені в нову стандартну середу, використовуючи нові рівні гнучкості. Дозволяє програмам розширювати своє хмара в мобільній мережі і створювати абсолютно новий набір сервісів. Вони зможуть реагувати на кінцевий призначений для користувача досвід в реальному часі, ґрунтуючись на реальних умовах радіозв'язку. Нові специфікації МЕС дозволять розгортати додатки і служби поверх платформ МЕС для декількох постачальників, що дозволяє використовувати їх переважною більшістю клієнтів одного мобільного оператора. Мобільний кінцевий користувач буде користуватися унікальним, приємним і персоналізованим мобільним широкосмуговим доступом.

Ініціатива МЕС сприятиме розвитку сприятливих ринкових умов для всіх гравців в ланцюжку створення вартості, а також для сприяння економічному зростанню з безліччю нових варіантів використання в різних секторах (див. рис. 3.1).



Рис.3.1. MEC для поліпшення якості сприйняття

З іншого боку, D2D комунікація також є технологією для стільникового системи 5G [9, 10]. Технологія зв'язку D2D відноситься до прямого зв'язку між найближчими бездротовими пристроями за ліцензією або підробленими спектром (наприклад, WiFi-Direct, Bluetooth) без передачі трафіку на базову станцію (BS). Використання D2D-комунікації в осередку має більш високу пропускну здатність, збільшення охоплення осередків, зниження трафіку перевантажень і досягнення більш високої спектральної ефективності. Таким чином, D2D є гнучкою ефективною парадигмою для 5G [12].

### 3.3 Типи мобільних хмарних обчислень

Мобільні хмарні обчислення мають на увазі використання хмарних обчислень в мобільних мережах. Існує чотири типи MCC (Mobile Cloud Computing):

1) Мобільні хмарні обчислення як споживач послуг (MaaS). MaaS береться з традиційної моделі клієнт-сервер, впроваджуючи на початковому етапі віртуалізацію, дрібне модульне управління доступом і інші хмарні технології. Мобільні пристрої можуть справити на стороні своє обчислення і

функції зберігання на хмару, щоб досягти кращої продуктивності і більшої кількості можливостей програми. У цій архітектурі служба одностороння, з хмари на мобільні пристрої, і мобільні пристрої - споживачі служби. Більшість існуючих служб МСС потрапляє в цю категорію.

2) Мобільніе хмарні обчислення як постачальник послуг (MaaSР). MaaSР відрізняється від MaaSС тим, що роль мобільного пристрою зміщується від споживача послуги до провайдера послуг. Прикладом MaaSР можуть служити бортові датчики (GPS-модулі, камера, гіроскоп і т. Д.). Мобільні пристрої здатні сприймати дані з пристроїв і їх сусідньої середовища, а також надавати сенсорні послуги іншим мобільним пристроям через хмару. Типи послуг, що надаються мобільними пристроями, різноманітні на основі їх можливостей для виявлення і обробки.

3) Мобільніе хмарні обчислення як сервіс брокер (MaaSВ). MaaSВ можна розглянути як розширення MaaSР, де MaaSВ забезпечує мережі та передають служби даних для інших мобільних пристроїв або виявлення вузлів. MaaSВ необхідний при деяких обставинах, тому що мобільні пристрої зазвичай обмежували розпізнає можливість в порівнянні з датчиками, які виділені для спеціально розробленої функціональності і розпізнають розташувань. Наприклад, мобільні телефони можуть використовуватися, щоб зібрати фізичну активність користувачів з NikeFuelband. MaaSВ розширює хмарні кордону до мобільних пристроїв і бездротових датчиків. Таким чином мобільний пристрій може бути сконфігурі-ровано як шлюз або проксіровать надають мережні послуги посредством різних комунікаційних підходів, таких, як 3 / 4G, Bluetooth і WiFi. Крім того, мобільний пристрій за довіреністю може також надати засоби забезпечення безпеки і захист конфіденційності завдяки датчикам, з якими з'єднуються за допомогою інтерфейсу.

4) Мобільний як представник служби (MaaSR). У MaaSR кожен користувач може бути представлений віртуальної сутністю в хмарі через свій фізичний об'єкт (мобільний пристрій). Призначені для користувача поведінки і атрибути можуть збиратися з реального світу в реальному часі і

відправлятися відповідним віртуальним об'єктів в хмарі для подальшого аналізу і обробки. Алгоритми інтелектуального аналізу даних і машинного навчання можуть використовуватися для аналізу ситуації мобільного користувача і виконання дій. МaaSR можна розглядати як модель обслуговування MCC наступного покоління, оскільки фізичні системи і віртуальні системи легко інтегруються через технології віртуалізації для надання послуг. У МaaSR мобільні пристрої і хмари дуже інтерактивні, і, як результат, потік обслуговування може бути представлений у вигляді двонаправлених стрілок. Крім допомоги мобільним об'єктів більш ефективно виконувати завдання, МaaSR може виконати деякі завдання, які неможливі при поточній архітектурі MCC.

Граничні мобільні обчислення надають можливості ІТ і хмарних обчислень в мережі радіодоступу (RAN) в безпосередній близькості від абонентів мобільного зв'язку.

Для розробників додатків і постачальників контенту межа RAN пропонує середу обслуговування з наднизькою затримкою і високою пропускну здатністю, а також прямий доступ до інформації про радіомережі в реальному часі (наприклад, місце розташування абонента, завантаження осередків і т. Д.), Які можуть бути використовувані додатками і сервісами для надання послуг, пов'язаних з контекстом; ці служби здатні диференціювати можливості мобільного широкосмугового доступу.

Граничні мобільні обчислення дозволяють прискорити контент, послуги та програми, збільшуючи швидкість реагування. Досвід мобільних абонентів може бути збагачений ефективними мережевими і сервісними операціями на основі розуміння радіо і мережових умов.

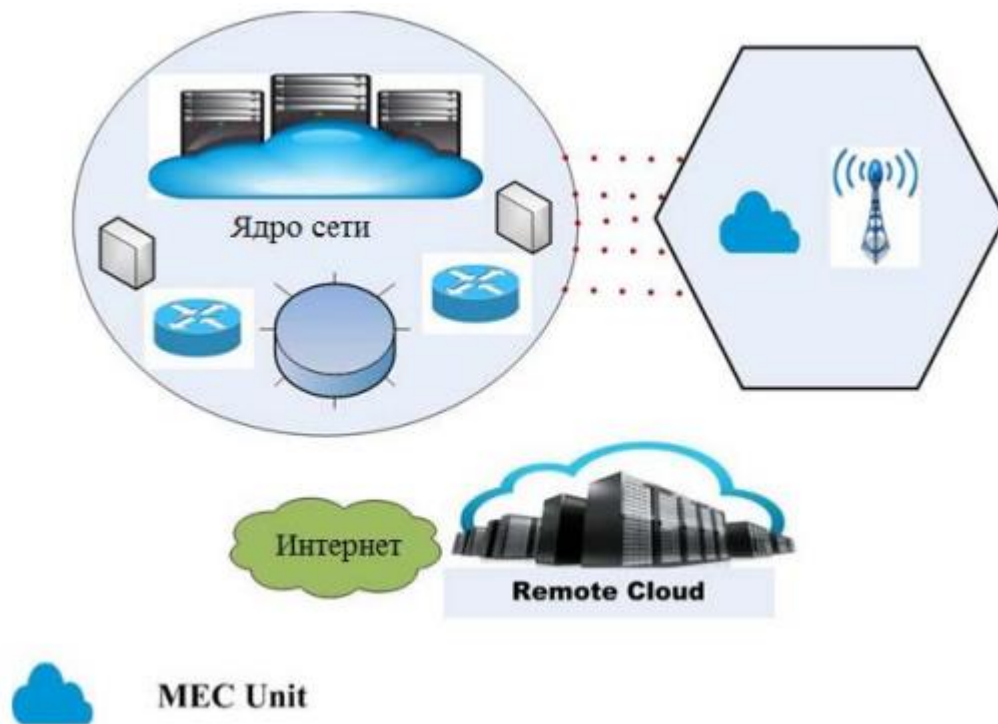


Рис. 3.2. Граничні мобільні обчислення

Оператори можуть відкривати кордон радіозв'язку стороннім партнерам, що дозволяє їм швидко впроваджувати інноваційні програми і послуги для мобільних абонентів, підприємств і інших вертикальних сегментів. Близькість, контекст, маневреність і швидкість можуть бути переведені в цінність і можуть створювати можливості для операторів мобільного зв'язку, постачальників послуг і контенту, гравців Over the Top (OTT) і незалежних постачальників програмного забезпечення (ISV), що дозволяє їм грати взаємодоповнюючі і прибуткові ролі в рамках своїх відповідних бізнес-моделей і дозволяючи їм монетизувати мобільний широкосмуговий доступ.

Це середовище може створити нову ланцюжок утворення вартості послуг і енергійну екосистему, що включає розробників додатків, постачальників контенту, гравців OTT, постачальників мережевого устаткування і мобільних операторів. Грунтуючись на інноваціях і вартості бізнесу, цей ланцюжок утворення вартості дозволить всім гравцям отримати вигоду з більш активної співпраці.

Мета полягає в тому, щоб розвивати сприятливі ринкові умови, які створять стійкий бізнес для всіх гравців в ланцюжку створення вартості і

будуть сприяти глобальному зростанню ринку. Для цього необхідно створити стандартизовану відкриту середу, щоб забезпечити ефективну і плавну інтеграцію таких додатків на платформах MEC для декількох постачальників. Це також забезпечить приплив переважної більшості клієнтів мобільного оператора. Пропонується створити в ETSI нову групу галузевих специфікацій (ISG), яка дозволить створювати галузеві специфікації для мобільних граничних обчислень (MEC). ISG MEC також буде працювати над тим, щоб стимулювати і прискорювати розробку граничних додатків по всій галузі, збільшуючи ринкову шкалу і покращуючи ринкову економіку.

Ключові характеристики MEC:

1) Локальність: межа є локальною, що означає, що MEC може працювати ізольовано від решти мережі, маючи доступ до локальних ресурсів. Це стає особливо важливим для сценаріїв «машина-машина», наприклад, при роботі з системами безпеки або безпеки, що вимагає високої стійкості.

2) Близькість: перебуваючи поруч з джерелом інформації, MEC особливо тики і великих даних. Граничні обчислення також можуть мати прямий доступ до пристроїв, які можуть бути легко використані бізнес-додатками.

3) Більш низька затримка: оскільки служби працюють близько до кінцевим пристроям, це значно скорочує час очікування. Це може бути використано для прискорення реагування, поліпшення користувацького інтерфейсу або для мінімізації перевантаженості в інших частинах мережі.

4) Знання розташування. Коли мережевий прикордонний елемент є частиною бездротової мережі, будь то Wi-Fi або Cellular, локальна служба може використовувати низкоуровневу інформацію сигналізації для визначення місця розташування кожного підключеного пристрою. Це породжує цілу сім'ю бізнес-орієнтованих варіантів використання, включаючи служби на основі розташування, аналітику і багато інших.

5) Інформація про мережу: мережеві дані в реальному часі (наприклад, умови радіозв'язку, мережева статистика і т. Д.) Можуть використовуватися

додатками і службами для надання послуг, пов'язаних з контекстом, які можуть відрізняти можливості мобільного широкосмугового доступу і бути монетизувати. Можуть бути розроблені нові програми (які отримують вигоду від даних в реальному часі в мережі) для підключення абонентів мобільного зв'язку з місцевими цікавими точками, підприємствами та подіями.

Раніше межа мобільної мережі була місцем, де проводилася тільки обробка фахівця. Він мав у своєму розпорядженні спеціалізованими обчисленнями, які були розроблені з нуля, щоб виконувати функцію в загальній архітектурі, і ці обчислення не могли бути перепрофільовані. Зв'язок з кордоном мережі до ядра була також конкретної конфігурацією, що працює за допомогою спеціальних протоколів. Повна конфігурація була оптимізована в епоху попереднього смартфона, де якість голосу було ключовим драйвером в дизайні мережі і до того дня, коли IP був стандартом для мережевих комунікацій.

IP поширився з мережі Інтернет в корпоративні мережі, і, з широким розповсюдженням LTE, через кордон мереж до самих кінцевих пристроїв. Це дозволило з'явитися новим програмам, які бачили трансформацію в телекомунікаційних мережах та їх дизайн. Єдині рішення для радіомережі постачальника розвиваються в модульні, відкриті рішення, які в змозі інтегрувати в екосистему змінюваних компонентів.

Граничні обчислення в зовнішніх сценаріях

Ця архітектура особливо важлива для:

1) Улучшення якості обслуговування мобільних користувачів (QoE) за рахунок скорочення затримки, підвищення якості обслуговування і / або надання індивідуальних послуг.

2) Підвищення ефективності інфраструктури за допомогою інтелектуальних і оптимізованих мереж.

3) Включення вертикальних служб, особливо придатних для сценаріїв «машина-машина», «управління великими даними», «аналітика», «розумні міста» і багато іншого.

4) Тісної інтеграції з радіоустаткуванням, спрощення розуміння характеристик і потреб руху, роботи з радиоресурсами, отримання інформації про місцезнаходження пристрою і т. Д.

Граничні обчислення у внутрішніх сценаріях, коли справа доходить до внутрішніх сценаріїв, таких, як точки доступу Wi-Fi і 3G / 4G, граничні хмари приймають форму потужних локальних шлюзів, де виділений інтелект служить для місцевих цілей. Завдяки полегшеній віртуалізації ці шлюзи виконують кілька дій, які застосовуються до певного розташування, в якому вони встановлені, наприклад:

1) Сценарії «машина-машина»: підключення до різних датчиків, причому послуги МЕС можуть займатися всіма видами моніторингу (кондиціонування повітря, ліфти, температура, вологість, контроль доступу і т. Д.).

2) Рішення для роздрібною торгівлі: маючи можливість знаходити і обмінюватися даними з мобільними пристроями, є можливість підвищити цінність для споживачів і торгових центрів. Наприклад, доставляючи контент на основі розташування, впроваджуючи доповнює реальність, покращуючи загальний досвід покупок або займаючись захищеним онлайн-платежем.

3) Стадіони, аеропорти, станції, театри. Конкретні послуги можуть допомогти керувати іншими типами громадських місць, зокрема, для забезпечення безпеки, евакуації або надання нових видів послуг для громадськості. Наприклад, стадіони можуть надавати живий зміст публіці, аеропорти можуть направляти пасажирів до своїх воріт через розширену службу реальності і багато іншого. Всі ці програми будуть використовувати локальний контент і умови, які ідеально адаптуються до їх аудиторії.

4) Великі дані і аналітика. І останнє, але не менш важливе: інформація, зібрана в цьому ключовому місці в мережі, може бути використана в рамках більшої аналітичної ініціативи, щоб краще обслуговувати клієнтів.



### 3.4 Граничні мобільні обчислення для стільникових систем 5G

Mobile Edge Computing (MEC) - нова технологія, яка в даний час стандартизується в ETSI Industry Specification Group (ISG) під тим же ім'ям. Мобільні Граничні Обчислення забезпечують середу IT-послуг і можливості хмарних обчислень на кордоні мобільної мережі в мережі радіодоступу (RAN) і в безпосередній близькості від мобільних абонентів. Мета полягає в тому, щоб зменшити затримку, гарантувати ефективну мережеву роботу і надання послуг і запропонувати поліпшений користувацький досвід.

Мобільні Граничні Обчислення - природна розробка в еволюції мобільних базових станцій і конвергенції телекомунікаційних мереж і IT. Заснований на виртуалізованій платформі, MEC визнаний європейським дослідним органом 5G PPP (5G Infrastructure Public Private Partnership) в якості однієї з ключових нових технологій для мереж 5G (разом з виртуалізацією втратити зв'язок із мережею (NFV) [15] і програмним мережею (SDN)) [14, 16]. На додаток до визначення більш вдосконалених технологій радіоінтерфейсу мережі 5G використовуватимуть програмовані підходи до програмних мереж і широко використовувати технології віртуалізації IT в рамках інфраструктури, функцій і додатків для телекомунікацій.

MEC ґрунтується на виртуалізованій платформі з підходом, що доповнює NFV: насправді, в той час як NFV фокусується на мережевих функціях, платформа MEC включає додатки, що працюють на кордоні мережі. Інфраструктура, яка розміщує MEC і NFV або інші мережеві функції, вельми схожа; таким чином, щоб дозволити операторам максимально вигравати від своїх інвестицій, буде вигідно в максимально можливій мірі використовувати інфраструктуру і управління інфраструктурою NFV шляхом розміщення як VNF (віртуальних мережевих функцій), так і додатків MEC на такий же платформі.

Середа MEC характеризується низькою затримкою, близькістю, високою пропускнуою здатністю, інформацією про радіомережі та інформації про місцезнаходження в реальному часі. Все це може бути переведено в

матеріальну цінність і може створювати можливості для операторів мобільного зв'язку, додатків і контенту, що дозволяють їм грати взаємодоповнюючі і прибуткові ролі в рамках своїх бізнес-моделей і дозволяючи їм краще монетизувати роботу мобільного широкосмугового доступу.

MEC відкриває можливість додати нові сервіси і для споживачів і корпоративних клієнтів, а також для суміжних галузей, які тепер можуть надавати свої критично важливі програми в мобільній мережі. Це дозволяє створити нову ланцюжок створення вартості, нові можливості для бізнесу та безліч нових варіантів використання в різних секторах. Мета полягає в тому, щоб розвивати сприятливі ринкові умови, які створять стійкий бізнес для всіх гравців в ланцюжку створення вартості і будуть сприяти глобальному зростанню ринку. Для цього необхідно створити стандартизовану відкриту середу, щоб забезпечити ефективну і плавну інтеграцію таких додатків на платформах з безліччю постачальників MEC. Це також забезпечить подачу переважної більшості клієнтів мобільного оператора.

На мал. 3 представляється багаторівневу структуру системи для 5G1, яка використовує SDN в ядрі мережі і рясних граничних обчислень (MEC). Система моделюється в надійної середовищі і надає затримку передачі даних 1 мс<sup>2</sup> [17], яка вважається основною проблемою при реалізації таких програм, як Тактильний Інтернет. Цього можна досягти шляхом скорочення проміжних вузлів, що беруть участь в процесі зв'язку.

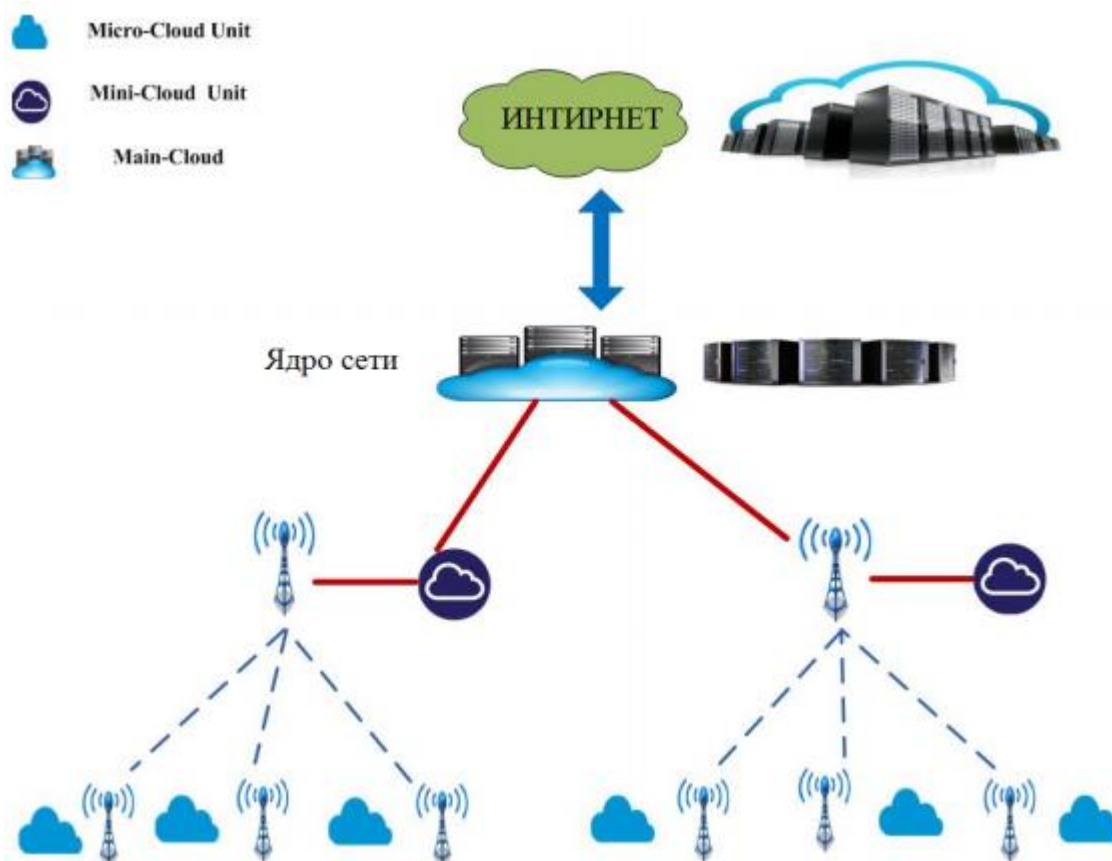


Рис. 3.3. Багаторівнева структура для 5G системи

## **Висновки**

MEC є ключову технологію і архітектурну концепцію, що забезпечує еволюцію до 5G, оскільки вона допомагає просувати трансформацію мобільного широкосмугового мережі в програмований світ і вносить свій вклад в задоволення призначених для користувача вимог 5G з точки зору очікуваних рівнів затримки, масштабованості і автоматизації. 5G вимагає затримки передачі даних порядку мілісекунди, що вважається основною проблемою при реалізації системи. Завдяки недавньої розробці і з'явилися можливостям 5G деякі життєво важливі програми, такі як Тактильний Інтернет, стануть реальністю. Один із способів подолання великої затримки циклу полягає в тому, щоб використовувати централізований контролер в ядрі мережі з глобальним знанням системи разом з концепцією віртуалізації втратити зв'язок із мережею (NFV). У цьому полягає ідея програмно-конфігурується мережі (SDN).

## **РОЗДІЛ 4**

### **РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ ТА БІЗНЕС – ПЛАН ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЇ**

В цьому розділі буде проведено аналіз стартап проекту «Модифікований спосіб міжмашинного зв'язку для мережі Інтернету речей».

Головною причиною, по якій стартапи повсюдно реалізуються і в подальшому успішно існують і розвиваються, є повільність і неповороткість великих компаній, що успішно використовують уже наявні продукти, замість того, щоб створювати і розробляти нові. Тобто головною перевагою стартапів вважається мобільність при втіленні нових ідей, що дозволяє скласти конкуренцію великим компаніям.

#### **4.1 Опис ідеї проекту**

Ідея проекту полягає у використанні знань про комп'ютинг в мережах 5G, створити команду яка буде проектувати та розробляти мережі використовуючи хмарні, туманні та граничні обчислення. Та підготуватися до старту 5G мережі в Україні з використанням Інтернету речей.

Аналізуючи ринок в Україні було виявлено, що різні компанії вже поступово підготовлюються до запуску 5G мережі, тому потрібні спеціалісти для використання повних можливостей цієї мережі.

#### **4.2 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту**

Для впровадження проекту, необхідно провести аналіз ринкових можливостей, тобто аналіз ризиків та загроз для впровадження проекту на ринок.

Це дозволяє оцінити актуальність нашого проекту.

Спочатку проведемо аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку(Таблиця 4.1):

№	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	5
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	12000 грн
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростаюча
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Немає
5	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	21%

Таблиця 4.1. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

Рентабельність - це показник економічної ефективності використання ресурсів або інвестицій. Він показує вдалося чи не вдалося повернути вкладення і на скільки. Судячи з даних таблиці ринок є привабливим для входу.

Було проаналізовано багато джерел, які свідчать, що ІОТ, як і між машинний зв'язок, в яких входить реалізація зв'язку у сенсорній мережі, щороку зростає і має дуже позитивну тенденцію на розвиток

Цільова аудиторія проекту — компанії які використовують бездротові сенсорні мережі в будь якій сфері та будь якому вигляді, це дуже обширний ринок і його тенденція зростає щороку. Можна навіть сказати, що аудиторія — це будь які компанії або люди які реалізують міжмашинний зв'язок в цілому.

У зв'язку з тим, що аудиторія та сфера в цілому обширна, тенденції дуже часто і швидко змінюються і потрібно швидко адаптуватися під них, потенційні клієнти також це розуміють, та намагаються впроваджувати у проекти нові та актуальні методи.

При застосуванні даної технології існують певні загрози. (таблиця 4.2).

Таблиця 4.2. Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Попиту	Можливість відсутності попиту до новітніх технологій.	Перерахунок вартостей для підтвердження ефективності
2.	Економічна	Зростання інфляції	Пошук можливостей для дешевшого тестування
3.	Конкуренція	Наявність інших конкурентних компаній	Збільшення перевірок та гарних відгуків
4.	Науково-технічна	Швидкий розвиток науки	Моніторинг наукових новин та пошук нових шляхів вдосконалення проекту

Ризики існують, тож потрібно мати міцний фундамент у вигляді документів, сертифікатів, які підтверджують усі можливі наміри, результати тестувань.

Аналіз підтвержує, що наш проект все ще потребує значних зусиль для того, щоб увійти у ринок, зафіксуватися та пропонувати свої можливості своїм клієнтам. І це як раз той випадок, коли вартість впливає на прийняття рішення.

Після аналізу конкуренції проведемо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі.

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін

(табл. 4.3). Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення.

Таблиця 4.3. SWOT- аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вартість.</li> <li>2. Гнучкість</li> </ol>	<p>Слабкі сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Відсутність довіри;</li> <li>2) Конкуренція</li> <li>3) Велика витрата ресурсів до самих продажів на рекламу</li> </ol>
<p>Можливості:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Збільшення продаж;</li> <li>2. Отримання державних замовлень на отримання послуг;</li> <li>3. Розширення ринку за рахунок іноземних замовників;</li> <li>4. Отримання тендерів на послуги.</li> </ol>	<p>Загрози:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Цінова конкуренція в зв'язку з появою нових гравців на ринку.</li> <li>— Різка зміна курсу гривні може привести до зменшення попиту, особливо з боку малих фірм.</li> <li>— За рахунок великої тенденції і конкуренції - технологічна конкуренція</li> </ul>

Це знову підтверджує, що навіть незважаючи на свою специфіку, наш проект потребує значних зусиль для того, щоб увійти у ринок, зафіксуватися та пропонувати свої можливості своїм клієнтам

На основі SWOT-аналізу розробляємо альтернативи ринкової.



Таблиця 4.4. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Стратегія нейтралізації ринкових загроз сильними сторонами стартапу	70%	3 місяці
2	Стратегія компенсації слабких сторін стартапу наявними ринковими можливостями	70%	3 місяці
3	Стратегія виходу з ринку	80%	6 місяців

З зазначених альтернатив обираємо стратегію компенсації слабких сторін стартапу наявними ринковими можливостями.

### 4.3 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів.

Таблиця 4.5. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Сільське господарство	Так	Середній	Середня	Складна
2	Медицині	Так	Високий	Висока	Складна

Для роботи з вибраним цільовими групами користувачів ринку необхідно сформулювати базову стратегію розвитку.

Таблиця 4.6. Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	Підсилення сильних сторін стартапу за рахунок ринкових можливостей	Перемовини з компаніями, які представляють цільові групи потенційних клієнтів	Виокремлення переваг цього способу у грошовому еквіваленті для майбутніх споживачів.	Стратегія підкріплення своїх переваг

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 4.7).

Таблиця 4.7. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
1	Ні	Забирати існуючих	Ні	Стратегія підкріплення своїх переваг

На основі вимог споживачів з обраного сегменту до постачальника і продукту, а також в залежності від стратегії розвитку та стратегії конкурентної поведінки розробляємо стратегію позиціонування яка визначається у формування ринкової позиції, за яким споживачі мають ідентифікувати проект.

Таблиця 4.8. Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Цілкова підтримка на етапі інтеграції	Відкритість до вирішення питань	Обізнаність свого продукту, допомога в інтеграції. Формування лояльності і прихильності споживачів, підтримка вхідних бар'єрів.	Гнучкість. Термін служби. Енергоефективність..

Результатом даного підрозділу є система рішень щодо ринкової поведінки компанії, вона визначає в якому напрямі буде працювати компанія на ринку.

#### 4.4 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Під час розроблення маркетингової програми першим кроком є розробка маркетингової концепції товару, який отримає споживач. У таблиці 4.9 підсумовуємо результати аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 4.9. Визначення ключових переваг концепції товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Конкурентоспроможності	Простота, підтримка.	Легка інтеграція методу та модифікація під потреби

## **Висновки**

У данному розділі було представлено стартап-проект для створення команди для розробки комп'єтингу в мережі 5G. Були проаналізовані як ризики, загрози так і переваги нашої моделі серед конкурентів.

Результатом проекту є стратегія виходу на ринок, маркетинговий план та обрані стратегії співпраці з майбутніми(потенційними) клієнтами.

Галузь має дуже позитивну тенденцію та розвиток у всьому світі, це вказує на те, що якщо правильно підійти до виходу на ринок, свій обсяг клієнтів обов'язково отримаємо.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

MEC забезпечує новаторську обчислювальну парадигму дає змогу розгортати інтенсивно обчислювальні та критичні затримки програми на кінцевих пристроях, що не потребують ресурсів, у RAN.

Багато передових технологій та інструментів, включаючи неортогональний багаторазовий доступ, бездротову передачу енергії та збирання енергії, безпілотний літальний апарат, Інтернет речей, надгуста мережа та машинне навчання розглядаються як активісти мережі 5G, що розвивається, і не тільки. Цей папір охоплює як основи MEK, так і найсучасніші дослідження працює над “MEC у 5G та пізніше”. У кожному розділі ми маємо представив дуже короткий досвід, мотивацію та актуальну літературу щодо поєднання відповідної індивідуальної технології в бездротових системах на базі MEC. Крім того, ми маємо окреслив та обговорив отримані уроки, відкриті виклики, та майбутні напрямки. Ми впевнені, що цей документ може допомогти читачам глибоко зрозуміти основи MEC та найсучасніший MEC у 5G та пізніше, та відібрати цікаві проблеми MEK для своїх досліджень.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бородин А. С., Кучерявый А. Е. Сети связи пятого поколения как основа цифровой экономики // Электросвязь. 2017. № 5. С. 45–49.
2. Кучерявый А. Е., Футахи А., Кучерявый Е. А. LTE и беспроводные сенсорные сети // Мобильные телекоммуникации. 2012. № 9–10. С. 38–41.
3. Кучерявый А. Е., Маколкина М. А., Киричек Р. В. Тактильный интернет. Сети связи со сверхмалыми задержками // Электросвязь. 2016. № 1. С. 44–46.
4. Rimal B. P., Van D. P., Maier M. Mobile Edge Computing Empowered Fiber-Wireless Access Networks in the 5G Era // IEEE Communications Magazine. 2017. Vol. 55. Iss. 2. pp. 192–200.
5. Muthanna A., Masek P., Hosek J., Fujdiak R., Hussein O., Paramonov A., Koucheryavy, A. Analytical Evaluation of D2D Connectivity Potential in 5G Wireless System // Lecture Notes in Computer Science. 2016. Vol. 9870. pp. 395–403.
6. Ryden M., Oh K., Chandra A., Weissman J. Nebula: Distributed Edge Cloud for Data-Intensive Computing // IEEE International Conference on Cloud Engineering (IC2E). 2014. pp. 57–66.
7. Wang S. et al. Mobile Micro-Cloud: Application Classification, Mapping, and Deployment // Annual Fall Meeting of ITA (AMITA). 2013.
8. Klas G. I. Fog Computing and Mobile Edge Cloud Gain Momentum Open Fog Consortium // The Eleventh International Conference on Systems and Networks Communications (ICSNC). 2016. 122 p.

9. Гимадинов Р. Ф., Мутханна А. С., Кучерявый А. Е. Кластеризация в мобильных сетях 5G.

Случай частичной мобильности // Информационные технологии и телекоммуникации. 2015.

№ 2 (10). С. 44–52.

10. Ateya A. A., Muthanna A., Vybornova A., Koucheryavy A. Multi-level Cluster Based Device-to-Device (D2D) Communication Protocol for the Base Station Failure Situation // Lecture Notes in Computer Science. 2017. Vol. 10531. pp. 755–765.

11. Гимадинов Р. Ф., Мутханна А. С., Кучерявый А. Е. Кластеризация в сетях 5G //

Информационные технологии и телекоммуникации. 2015. № 1 (9). С. 35–41.

12. Ignatova L., Khakimov A., Mahmood A., Muthanna A. Analysis of the Internet of Things

devices integration in 5G networks // Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing

in Telecommunications (SINKHROINFO). 2017. 4 p.

13. Makolkina M., Muthanna A., Manariyo S. Quality of Experience Estimation for Video Service Delivery Based on SDN Core Network // Lecture Notes in Computer Science. 2017. Vol. 10531.

pp. 683–692.

14. Vladyko A., Muthanna A., Kirichek R. Comprehensive SDN Testing Based on Model Network // Lecture Notes in Computer Science. 2016. Vol. 9870. pp. 539–549.

15. Amelyanovich A., Shpakov M., Muthanna A., Buinevich M., Vladyko A. Centralized Control

of Traffic Flows in Wireless LANs based on the SDN Concept // Systems of Signal Synchronization,

- Generating and Processing in Telecommunications (SINKHROINFO). 2017.  
5 p.
16. Volkov A., Khakimov A., Muthanna A., Kirichek R., Vladyko A.,  
Koucheryavy A. Interaction  
of the IoT Traffic Generated by a Smart City Segment with SDN Core  
Network // 2017 International  
Conference on Wired/Wireless Internet Communication (WWIC). 2017. pp.  
115–126.
17. Ateya A., Muthanna A., Gudkova I., Vybornova A., Koucheryavy A.  
Intelligent core network  
for Tactile Internet system // International Conference on Future Networks  
and Distributed Systems.  
2017.